



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

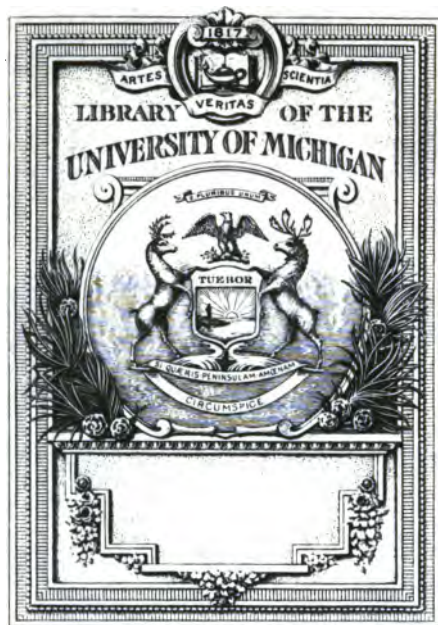
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



TN
273
.G34

TN
273
.G 34

LA
GÉOMÉTRIE
SOUTERRAINE,

1150

1

LA
GÉOMÉTRIE
SOUTERRAINE,
OU
TRAITÉ
DE
GÉOMÉTRIE-PRATIQUE,
APPLIQUÉ A L'USAGE DES TRAVAUX
DES MINES.

PAR M. DE GENSSANE,
Membre de la Société Royale des Sciences de Mont-
pellier , Correspondant de l'Académie Royale des
Sciences de Paris , Concessionnaire des Mines de
Franche-Comté.



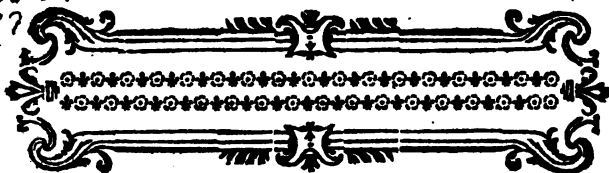
A MONTPELLIER,
Chez **RIGAUD, PONS, & Compagnie**, Libraires,
Rue de l'Aiguillerie.

M. DCC. LXXVI.
AVEC APPROBATION ET PRIVILÈGE DU ROI

TN
273
.G34

100-100000-1
100-100000-2
100-100000-3
100-100000-4
100-100000-5
100-100000-6
100-100000-7
100-100000-8
100-100000-9
100-100000-10

Hist. of Science
Meylone
12 12-32
27187



DISCOURS PRÉLIMINAIRE,

O U

INTRODUCTION

A la Géométrie Souterraine.

Tous les Maîtres Mineurs étrangers qui sont venus demander de l'emploi dans les travaux de nos Mines de France , se sont toujours annoncés pour des hommes au fait de la Géométrie Souterraine , afin de nous donner par-là des preuves de leur intelligence ; & en cela ils ont eu raison , quelle que fût d'ailleurs leur capacité , parce qu'il est moralement impossible d'exploiter en règle une Mine un peu considérable,

si l'on ignore les opérations de Géométrie-Pratique , qui doivent régler les différens alignemens des travaux souterrains , & déterminer la correspondance qu'ils peuvent avoir les uns à l'égard des autres.

Le terme de *Géométrie Souterraine* , peu connu parmi nous , en a en quelque sorte imposé à la plupart de nos Mineurs : on a cru que cette Géométrie étoit différente de la Géométrie-Pratique ordinaire ; & que pour s'en procurer un *Traité* , on seroit obligé de recourir à l'Etranger. En effet , cet Ouvrage manque dans nos Mines , où il est de première nécessité. Il est cependant constant qu'il n'y a pas un Problème dans la *Géométrie Souterraine* , qui n'appartienne immédiatement à ce que nous appellons *Géométrie-Pratique*. Feu M^r. Jars nous en avoit promis un *Traité* , mais sa mort prématurée nous a privé de cet Ouvrage ; en sorte que dans mon dernier voyage à Paris , tous ceux qui se mêlent des Mines , & que je vis

PRELIMINAIRE. 7

dans cette Capitale , me parlèrent de Géométrie Souterraine , & m'engagèrent d'y travailler. Le bien de l'Etat , & sur-tout le sincère empressement que j'ai toujours eu de me rendre utile à mes Concitoyens , m'ont fait entreprendre cette tâche. Mon but a été de rendre ce petit Traité aussi intelligible qu'il m'a été possible. J'ai également tâché d'être le moins diffus que j'ai pu , sans cependant rien négliger d'essentiel , ou qui pût arrêter quelqu'un au milieu de ses opérations. On sent bien au surplus que dans ces mêmes opérations qui sont toutes de pratique , on ne peut se promettre de la précision qu'autant qu'on a soin de se servir d'instrumens exacts , & d'apporter en opérant toute l'attention requise.

J'ai divisé ce Traité en trois Parties : dans la première , j'ai rendu compte des différentes situations & alignemens qu'affectent les filons ou veines métalliques dans les roches & les terres où

elles se forment : dans la seconde , j'ai donné la description & l'usage des instrumens dont on a coutume de se servir pour lever le plan des travaux des Mines : la troisième , enfin , qui est , à proprement parler , le corps de l'Ouvrage , renferme les Solutions de tous les Problèmes qui ont rapport à la Géométrie Souterraine.

J'aurois pu , à la rigueur , me dispenser de donner la première Partie ; mais , dans les Mines encore plus qu'ailleurs , la nature a ses caprices , & il est des cas où un Géomètre même , en opérant avec toute la précision possible , pourroit se trouver en défaut , s'il ignoroit les interruptions ou les variations dont un filon est susceptible. J'ai d'ailleurs remarqué que la plupart des personnes qui n'ont pas vu avec quelque attention les travaux des Mines , quoique très-éclairées d'ailleurs , se forment de leurs filons des idées qui leur sont absolument étrangères. Rien n'est plus com-

P R E L I M I N A I R E. 9

mun dans une conversation sur les Mines , que d'entendre parler de troncs , d'arbres , de branches , de racines , &c. Je puis cependant assurer que rien de tout cela , rien même qui en approche ne se trouve dans les Mines. Il est vrai qu'on emploie assez communément le mot de *rameau* dans ce genre de travaux , pour désigner une petite veine qui s'écarte du filon ou veine principale ; mais ce n'est pas à dire pour cela que ces rameaux aient la moindre ressemblance avec les branches des arbres. Les veines minérales ou filons sont toujours par couches plus ou moins épaisses , & plus ou moins inclinées à l'horison , depuis la ligne perpendiculaire jusqu'à l'horizontale : ces veines ou couches s'étendent quelquefois assez loin , même à plus d'une lieue de longueur , & suivent à peu près le même alignement. Mais pour l'ordinaire ces étendues sont moindres : quant à leurs directions, il n'y a aucune règle ; elles vont suivant tous les points

de l'horison , en observant cependant que lorsqu'un filon affecte un alignement comme , par exemple , du Nord au Sud , ou du Nord-Est au Sud-Ouest , il est rare qu'il se détourne considérablement de cette direction. Les Mineurs pour désigner ces différentes directions , ont divisé l'horison en vingt-quatre heures ; savoir , douze depuis le Nord jusqu'au Sud , & douze depuis le Sud jusqu'au Nord ; enforte que lorsqu'un filon a son alignement du Nord au Sud , on dit en terme de Mineurs que ce filon va par les douze heures : si le filon se dirige de l'Est à l'Ouest , on dit qu'il va par les six heures , & ainsi des autres , comme on le verra plus en détail dans la premiere partie de cet Ouvrage.

On nous dira peut-être que les Mines de fer qui sont superficielles , ainsi que les Mines en amas ou en rognons , n'observent aucune direction déterminée : je répondrai à cette observation , qu'à l'égard des Mines de fer en grains

PRELIMINAIRE. 11

ou en sable , qui se trouvent assez communément à la surface de la terre , il y en a de deux sortes : de la première sont celles qui , entraînées par les eaux , sont déposées aux pieds des côteaux & dans les plaines adjacentes ; celles-ci ne peuvent observer aucun alignement réglé , parce qu'elles sont hors de leurs propres veines : mais il n'en est pas de même de celles qu'on trouve dans les endroits mêmes où elles se forment journellement ; ces dernières , ou du moins le terrain qui les produit , ont toujours un alignement suivi qu'on reconnaît très-bien à la seule inspection des terres dont la couleur ocreuse les distingue des terres collatérales.

Quant aux Mines en amas ou en rognons , auxquelles Agricola donne le nom très-expressif de *venæ conglomeratæ* , il est évident que si on ne considère qu'un seul de ces rognons , ou amas de minéral qui sont quelquefois très-considérables , il ne peut avoir au-

cune direction , puisque ce n'est qu'un bloc isolé. Mais ces amas ne sont jamais seuls , si ce n'est par quelque hasard ou caprice de la nature : ils sont toujours au contraire dispersés çà & là , & pour ainsi dire parsémés dans les terres ou roches qui les renferment , & ces terres ou roches conservent toujours un alignement ou direction quelconque : car il est bon d'observer ici , une fois pour toutes , que dans un filon ou veine minérale il ne faut pas seulement avoir égard aux veines de pur minéral , mais il faut encore y comprendre les terres ou roches qui les accompagnent , ou plutôt qui les renferment ; & ces roches ou terres sont toujours d'une nature différente des terres ou roches collatérales ; c'est ce qu'on appelle puissance d'une veine ou filon , & qui , à proprement parler , n'est autre chose que l'épaisseur de la couche qui renferme le minéral.

Les veines en amas ou en rognons sont de toutes les Mines les plus diffici-

PRÉLIMINAIRE. 13

les à exploiter, sur-tout lorsqu'elles se trouvent dans des glaises ou terres grasses, & que la puissance ou largeur de la veine est considérable ; car il faut remarquer que ces puissances s'étendent quelquefois à trente ou quarante toises de largeur ; & il arrive alors que lorsqu'on a extrait le minéral d'un rognon, on est fort embarrassé de savoir de quel côté il faut percer, pour joindre le rognon qui en est le plus voisin, parce que les glaises laissent rarement entrevoir les indices ou petits filets de communication d'un rognon à l'autre ; d'autant plus que ces filets contiennent rarement du minéral, & que ce n'est qu'à leur couleur qu'on peut les distinguer : en général, dans ces sortes de travaux ce n'est que par une longue habitude & un travail suivi sur une même Mine, qu'on peut se procurer les connoissances nécessaires à son exploitation.

Les Mines en rognons qui se trouvent dans le spath, le schiste ou autres

roches de cette nature, sont moins difficiles, à faire parée qu'il est rare qu'après avoir extrait le minéral d'un bloc ou rognon, on n'apperçoive pas sur les parois de la roche qui lui servoit d'enveloppe, quelques filets ou petites fentes ordinairement remplies d'une terre ou autre substance différente de la roche, & qui communiquent pour l'ordinaire avec les rognons voisins, & c'est en suivant ces indices qu'on y parvient.

Toutes ces difficultés doivent nous avertir que dans les travaux des Mines en général, & sur-tout de celles dont nous parlons, on ne sauroit trop s'attacher à se procurer un homme sédentaire & à qui on puisse accorder sa confiance, qu'on appelle en Allemagne *Obersteiger*, & que nous pouvons nommer *Sergent-Major* des Mines, dont les fonctions sont de conduire & de veiller à tout ce qui a rapport aux travaux souterrains. Un tel homme, pour peu qu'il ait d'expérience & d'aptitude, ne man-

PRELIMINAIRE. 15

Quera jamais d'acquérir par l'habitude d'un travail suivi , & sans même qu'il s'en apperçoive , toutes les connoissances relatives à son exploitation & à la qualité des filons qu'il exploite ; & ce qu'il y a de singulier encore , c'est que ce même homme , très-habile dans un travail où il est habitué , se trouvera très-neuf dans un Ouvrage dont les veines seront d'une qualité différente. Nous devons en dire autant des Maîtres Fondeurs ; un homme habitué à fondre une seule espèce de minéral , le fondra avec beaucoup d'intelligence , & ne fera rien qui vaille , si on l'emploie à la fonte d'un minéral différent. Les Fondeurs de Hesse , par exemple , passent pour réussir passablement dans la Fonte de quelque espèce de minéral qu'on leur présente. La raison de ce fait est que dans la Hesse ainsi que dans les Vauges & dans les montagnes de la forêt noire , les Mines y sont très-variées & même confondues. On y trouve communément non seule-

ment dans un seul filon, mais dans un seul morceau de minéral, plusieurs espèces de métaux, du cuivre, du plomb, de l'argent, du cobalt, du fer, &c. Et les Fontes s'y réglent suivant que l'un ou l'autre de ces différens métaux y prédominent ; & tout cela fait voir que les travaux des Mines rentrent naturellement dans la classe de toutes les autres professions, où une longue habitude bien entendue prévaut pour l'ordinaire aux spéculations souvent peu réfléchies ; car il s'en faut de beaucoup que je m'élève ici contre tant de recherches utiles à l'avancement des arts ; & sans sortir de la question des Mines, combien n'en a-t-on pas perfectionné le travail depuis quelques années ? Et combien ne doit-on pas à ces hommes nés pour le bien de la Société, qui sacrifient tout à la fois, leur tems, leurs talens & souvent leur fortune à l'utilité publique. Chaque art a sans doute son point de perfection au de-là duquel il n'est
guere

PRELIMINAIRE. 17

guere possible de le porter : mais c'est précisément ce point qu'il s'agit non seulement d'atteindre , mais encore de connoître , parce qu'un succès apparent n'en exclut pas un meilleur , & c'est à ce dernier que doivent se rapporter toutes nos recherches.

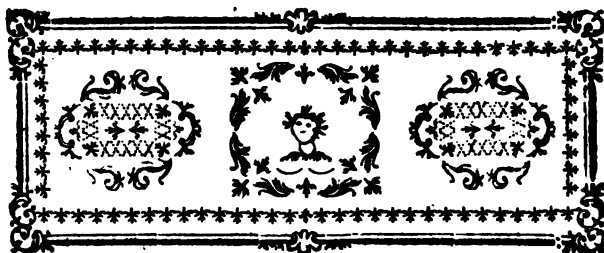
Du tems d'*Agricola* , Inspecteur des Mines en Allemagne , qui vivoit au commencement du quinzième siècle , la Géométrie Souterraine étoit peu de chose , à en juger par le peu qu'il nous en a laissé dans son excellent *Traité de Re Metallica*. On l'a beaucoup augmentée depuis ; on en a perfectionné la théorie ; & les instrumens dont nous faisons usage aujourd'hui , sont bien plus exacts & plus commodes que ceux dont on se servoit alors. Mais toutes ces rectifications ne sont point imprimées.

En écrivant cet Ouvrage , j'avois d'abord supposé que ceux qui seroient dans le cas de s'en servir , seroient au moins instruits des premiers élémens de la

18 *DISCOURS PRELIMIN.*

Géométrie-Pratique, dont nous ne manquons pas d'excellens Traités. Mais ayant réfléchi que la plupart des personnes qui se destinent à ce travail, sont rarement à portée de se procurer ces Traités, & encore moins d'en faire un bon choix, j'ai cru qu'il seroit plus utile d'insérer dans celui-ci ces premières notions, & de les détailler de manière qu'en lisant le tout avec attention, & en s'accoutumant peu à peu à la pratique des opérations dont je rends compte, chacun fût en état de s'instruire à fond par soi-même, & d'y acquérir toutes les connoissances requises. C'est, si je ne me trompe, à peu près tout ce qu'il faut pour remplir la tâche que je me suis imposée.





L A

G É O M É T R I E

S O U T H E R R A I N E .



P R E M I E R E P A R T I E .

Des Filons ou Veines Minérales.

N terme de Minéralogie on appelle *Filon* ou *Veine Minérale* , une couche de roches ou de terres qui renferment un Minéral quelconque. Ces roches ou terres sont toujours d'une nature différente de celle des roches ou des terres collatérales qui leur servent de parois. Les roches sont pour l'ordinaire du

quarts, du spath, du schiste, de pierre cornée de différentes couleurs, &c. A l'égard des terres elles sont toujours d'une nature plus ou moins grasse, assez souvent marneuse. Elles varient beaucoup pour la couleur ; il y en a de blanches, de grises, de noires, de violettes, & d'autres couleurs, suivant la nature des Minéraux qu'elles renferment. Pour se former une idée à peu près exacte de ce que nous venons de dire, soit la montagne A (*fig. 1, planche I.*), la couche B C qui traverse tout l'intérieur de la montagne vers D, est ce qu'on appelle un filon, sur-tout lorsque cette couche renferme un Minéral quelconque. Si cette couche ou filon tombe perpendiculairement de B en C sur la ligne G H que nous supposons horizontale, on dit alors que c'est un filon vertical ou un filon droit; si au contraire cette couche s'incline à droite ou à gauche de la perpendiculaire vers E ou F, ce sera un filon couché ou incliné. La hauteur B C est ce qu'on appelle la profondeur du filon, & son alignement B D, au travers de la montagne, marque sa direction.

L'épaisseur *bd* de cette couche est ce qu'on nomme puissance ou lar-

geur du filon, soit qu'il ne contienne que du Minéral pur, ce qui est très-rare, soit que le Minéral soit mêlé avec les autres substances dont nous venons de parler.

Lorsqu'un filon est vertical, c'est-à-dire qu'il descend perpendiculairement à l'horison, on appelle les roches *b B d*, *D b d* entre lesquelles il se trouve renfermé, les parois du filon; mais si ce filon est incliné comme *I N R* ou horizontal comme *L M*, les roches qui les renferment ont un nom différent. Pour lors la roche qui est au dessus comme *O & P*, s'appelle le toit du filon, & celle qui est au dessous comme *Q & R*, s'appelle le lit du filon : en Allemagne on donne à la roche du dessus le nom de *hang*, & celui de ^{l'opent}~~hang~~ à la roche du dessous qui sert de lit au filon.

Je fais ici cette observation, parce que dans toutes nos Mines qui sont limitrophes de l'Allemagne, on leur a conservé cette dénomination allemande; dans quelques autres endroits, on donne le nom de couverture à ce que nous appelons le toit d'un filon, & celui de chevet à la roche qui lui sert de lit. Il est évident, par les définitions que nous venons de donner des différentes parties d'un filon,

que si on excepte les horisontaux, tous les autres doivent avoir un alignement, ou direction quelconque : or pour déterminer ces directions, il est d'usage dans les travaux des Mines de diviser l'horison en vingt-quatre parties qu'on appelle heures, comme on peut le voir dans la figure deuxieme (*planche I.*); cette division commence toujours par la ligne de XII heures, dont la direction est Nord & Sud, & l'on place les autres divisions de part & d'autre de cette ligne, savoir, douze depuis le Nord jusqu'au Sud, & douze autres depuis le Sud jusqu'au Nord, d'où l'on voit que la ligne de l'Est à l'Ouest, & réciproquement, passe toujours par le point de six heures, que la direction du Nord-ouest au Sud-est se trouve sur la division de neuf heures, & que celle du Nord-est au Sud-ouest répond aux points de trois heures, & ainsi des autres : de cette maniere, lorsque la direction d'un filon s'étend du Sud-ouest au Nord-est, on dit en termes de Mineur, que ce filon va par les trois heures. S'il se dirige du Nord au Sud, & réciproquement, on dit que le filon va par les douze heures, & ainsi des autres directions, suivant l'heure à laquelle elles répondent.

Outre ces divisions, les Allemands ont encore donné différens noms aux filons, suivant leurs différentes directions. Ils appellent un filon qui va par les douze heures, *sthend gang*, c'est-à-dire filon droit ou vertical, parce que tout filon qui a cette direction est ordinairement vertical, ou perpendiculaire à l'horison; un filon qui va par les six heures, c'est-à-dire de l'Est à l'Ouest, est appelé *spath gang*: on pourra également donner à ceux-ci le nom de *stend gang*, ou filon droit, parce qu'ils sont ordinairement verticaux; mais on les distingue des premiers par le nom de *spath gang*, parce que les filons qui ont cette direction sont toujours mêlés de spath, & renferment peu d'autres roches: au lieu qu'on ne rencontre que peu ou point de spath dans les filons dont la direction est par les douze heures au Nord & Sud. Les filons dont les directions sont par les lignes de neuf heures ou de trois heures, sont appelés *flach gang*, c'est-à-dire filons couchés ou inclinés, parce qu'on a observé que tout filon dont la direction n'est point Nord & Sud, ou Est & Ouest, est d'autant plus incliné à l'horison, qu'il s'éloigne davantage de ces deux di-

rections principales : d'où il suit que les filons qui se dirigent sur la ligne de trois ou de neuf heures , sont ceux qui , pour l'ordinaire , sont les plus inclinés , ou qui flaquent le plus ; & c'est pour cette raison qu'on les appelle *ftach gang* , ou filons couchés.

Le plan de cet Ouvrage n'exige point que nous cherchions la cause physique des régularités singulieres qu'on a observées dans la nature & la situation des filons ; cet objet n'est point du ressort de la Géométrie Souterraine : au reste, quoique ces phénomènes ne soient pas sans exceptions , ils ne méritent pas moins l'attention des Naturalistes.

Enfin on donne le nom de *morgen gang* , ou filon du matin , à tout filon dont la direction va depuis le Nord jusqu'à l'Est , c'est-à-dire depuis la ligne de douze heures , jusqu'à celle de six ; & l'on appelle *nakt gang* , ou filons du soir , ceux dont l'alignement se dirige depuis l'Est jusqu'au Sud , ou depuis l'Ouest jusqu'au Nord , c'est-à-dire depuis la ligne de six heures jusqu'à celle de douze. Il faut consulter sur tout cela la deuxieme figure de la planche premiere , où nous avons eu soin de marquer toutes ces dif-

férentes directions avec leurs dénominations.

A l'égard des filons horifontaux, ceux qui renferment des métaux font fort rares ; la raifon en eft, fi je ne me trompe , que ces filons étant pour l'ordinaire très-profonds, ne donnent aucun indice au jour qui puiſſe les faire connoître , il n'y a que le hafard qui nous les découvre.

Il n'en eft pas de même des veines ou filons de charbon de pierre ; ceux-ci , du moins ceux qui donnent le meilleur charbon, prennent toujours une fituation qui s'écarte peu de l'horifontale. Mais ils ont cela de particulier , que leurs extrémités ou leurs têtes s'élèvent toujours plus ou moins vers la furface du terrain, comme on peut voir en uxy (*fig. 1.*) où la veine $y u$ s'éloigne peu de la ligne horifontale , enfuite fa tête ou fon extrémité s'élève de u en x jufqu'à la furface du terrain ; & ce qu'il y a de fingulier encore , c'eſt que depuis u jufqu'à x , où ces veines fe redreſſent, le charbon y eſt rarement bon ; & ce n'eſt que lorsqu'elles prennent une fituation peu différente de l'horifontale , comme $u y$, que ce minéral ſe trouve abondant & de bonne qualité.

Outre les filons dont nous venons de faire mention , on trouve assez souvent de petites veines dispersées çà & là sans aucun ordre, comme on voit en *g* (*fig. 1.*) Ces veines sont ordinairement couchées parallèlement à la pente des montagnes où elles se trouvent ; elles ne gardent aucune suite ; ce sont de petits amas isolés , tantôt plus , tantôt moins inclinés , mais jamais perpendiculaires , ni parfaitement horizontaux ; le minéral est toujours plus épais vers le milieu qu'à leur extrémité , qui se termine en arête , ce qui fait que ces rameaux ont une forme à peu près lenticulaire ; leur configuration varie extrêmement ; ils ont quelquefois une figure à peu près circulaire , d'autres fois allongée, ou d'autres figures irrégulières , mais toujours applaties ; leurs dimensions ne sont pas ^{non plus} ~~très~~ considérables ; les plus forts n'excèdent pas trois toises de diamètre , du moins je n'en ai pas vu de plus considérables : il y en a qui n'ont que deux ou trois pieds de large ; leur épaisseur ordinaire , sur le milieu , est depuis deux jusqu'à six pouces , rarement au-delà : la distance des uns aux autres ne varie pas moins ; j'en ai vu jusqu'à trois l'une au dessus de l'autre.

tre , dans un travail de cinq à six pieds de hauteur , & d'autres fois il ne s'en trouve pas du tout ; mais on fait rarement beaucoup de chemin sans en retrouver.

Lorsque ces veines se trouvent dans un roc fort dur , & que le minéral n'est pas riche , elles payent rarement les frais du travail ; mais si le roc est passable , & que le minéral soit de bonne qualité , leur exploitation peut être très-lucrative.

Quelques Savans ont cru que ces petites veines ainsi dispersées , n'ont point été formées à la place où elles se trouvent , mais qu'elles ont fait partie de quelque gros filon situé au sommet de la montagne qui s'est écroulée par quelque bouleversement , & dont la lave , occasionnée par l'écroulement , les a disposées ainsi au hasard du haut en bas de la montagne.

Quelque vraisemblable que paroisse ce sentiment , il ne sauroit cependant avoir lieu , sur-tout si on fait attention à la configuration régulière de ces sortes de veines , toujours plus épaisses dans leur milieu qu'à leurs extrémités , qui finissent toutes à vive arête : d'ailleurs , si cela étoit , ces veines ou blocs de minéral se trouveroient plus ou moins nombreux

sur toute la hauteur de la montagne qui les récele ; ce qui n'est sûrement pas , ou du moins c'est ce que je n'ai jamais vu , ni dont il soit fait mention dans aucun Auteur ; elles n'occupent au contraire qu'une certaine hauteur ou espace , au dessous ou au dessus duquel il ne s'en trouve plus : d'ailleurs , si ces blocs de minéral avoient été détachés d'un filon qui auroit été brisé par un écroulement , on appercevroit les endroits de sa fracture ; ils se trouveroient en outre plus confondus , & n'observeroient assurément pas les régularités qu'on y remarque.

Pour peu qu'on soit convaincu d'une vérité qui est hors de doute , c'est-à-dire que toutes les Mines , sans exception , se forment par succession de tems dans le sein de la terre , on n'a pas besoin de recourir à des suppositions , pour deviner la cause de leur existence.

A l'égard des petites veines ou rameaux qui ont donné lieu à cette digression , j'ai tout lieu de présumer qu'ils doivent leur formation aux exhalaisons de quelque maître filon qui se trouve dans leur voisinage , & je me confirme d'autant plus dans cette idée , que de trois endroits différens où j'ai vu ces sortes de

veines, il n'y en a pas un où il n'y ait un très-gros filon de même espèce, qui leur a donné lieu; le premier est au *Mas del Vicari*, près la Chartreuse de *Scaladei* en Catalogne. Ce sont des veines de mine de plomb, grises, noires & blanches, sans brillant, c'est-à-dire de la mine de plomb en chaux. Tous ces rameaux sont inclinés vers un très-gros filon de même minéral, qui se trouve vers le centre de la montagne, & dont ces rameaux se trouvent éloignés de plus de vingt toises.

Le second est à La Manera en Roussillon. Ici ces petites veines qui sont d'une mine de plomb à moitié bleinde couvrent en quelque sorte un très-gros filon de même nature, qui se trouve à environ quatre toises au dessous.

Enfin, le troisième est à la montagne de Château-Lambert en Franche-Comté; ces rameaux y renferment d'excellentes mines de cuivre, que les Allemands appellent *Falzkerts*. J'ai eu tout le tems de les examiner avec attention, les ayant fait exploiter pendant plus de trois ans: à la fin, le roc devint si dur, & ces veines diminuerent au point que je fus obligé d'en faire cesser les travaux; elles se trouvent à plus de quatre-vingt toises

du gros filon qui a été exploité anciennement ; elles sont toutes disposées ainsi que celle des autres endroits ci-dessus , à peu près de la manière que je les ai décrites en S , (*fig. 1*) , & le maître filon qui leur a donné lieu , se trouve dans les trois endroits placés comme en T.

Si on avait un plus grand nombre d'observations semblables à celles que je viens de citer , & que le résultat en fût le même , il serait très-vraisemblable de conclure que lorsque dans une montagne on rencontre ces sortes de rameaux , on n'est pas loin d'un filon considérable , & il ne faut qu'un peu d'habitude & de connaissances dans ces sortes de recherches , pour ne pas les chercher en vain.

Après avoir rendu compte des différentes situations que les filons des mines prennent dans le sein des terres & des montagnes qui les renferment , il convient de passer à l'examen de quelques-autres particularités qui les concernent , & dont la connoissance n'est pas moins intéressante.

Il n'est pas rare que deux filons se rencontrent , & cela sous tous les angles possibles : s'ils se rencontrent à angles droits , comme en S (*fig. 1*) , il arrive

assez souvent que le plus fort arrête le plus foible qui ne passe pas outre ; mais pour l'ordinaire , le plus foible , après avoir été intercepté par le plus fort , se retrouve à quelque distance derrière ce dernier , comme on voit en 1 : il n'est pas même nécessaire que ce soit un filon de minéral , pour occasionner ces sortes d'interruptions ; une veine de pierre sauvage ou de roche pourrie ne manquent jamais de produire le même effet. Après l'interruption , le filon se retrouve quelquefois derrière la roche qui l'a intercepté sur son premier alignement ; mais d'autres fois il se jette à droite ou à gauche de cette ligne , comme on voit en 1.

Il y a des filons qui ne donnent pas leur minéral d'une manière suivie & sans interruption , mais par intervalle , de sorte qu'on y trouve de la mine pendant deux ou trois toises plus ou moins , après quoi le filon se retrécit & la mine cesse ; ensuite , après une ou deux toises , la mine reparoît comme auparavant ; en sorte que dans ces filons on diroit que le minéral y est disposé par blocs lenticulaires , rangés de champ sur un même alignement , comme nous l'avons expri-

mé en *g* (*fig. 1*) on dit alors que le filon va par bouillons, & ce fait est très-fréquent. Lorsque deux filons se rencontrent sous des angles aigus, comme en *m*, ils se confondent pendant quelque tems, & prennent alors une direction moyenne, après quoi ils se séparent, & chacun prend sa première direction.

En général, les filons se trouvent toujours plus abondans en Minéral sur leurs croisées que par-tout ailleurs.

Il arrive quelquefois qu'un filon se partage en deux, & forme une fourche, comme on voit en *h*; pour lors, si le filon étoit couché, c'est-à-dire incliné à l'horison, & qu'une des branches prenne sa direction vers l'Est ou le Nord, elle devient verticale; que si au contraire le filon étoit vertical, les branches deviennent d'autant plus couchées, qu'elles s'écartent du Nord & de l'Est, ou du Sud & de l'Ouest. D'autres fois ces branches, après s'être séparées, se réjoignent à quelque distance de leur séparation, comme on voit en *n*. Enfin il y a de filons, comme *c*, (*fig. 3*, *planche II*) qui jettent de part & d'autre de petits rameaux de Minéral, qui s'étendent à peu de distance de la veine principale, & qui regnent ordinairement

ordinairement sur toute la longueur. Agricola appelle ces sortes de filons *venæ ramosæ*.

Telles sont à-peu-près les principales vicissitudes qu'on remarque dans les filons en les considérant sur leur direction, c'est-à-dire sur leur longueur. Il nous reste présentement un mot à dire sur les variations auxquelles ils sont également exposés dans leur profondeur, ou à mesure qu'ils descendent vers le centre de la terre.

Quel que soit un filon, soit vertical, soit incliné, il n'observe jamais exactement sa pente naturelle; mais il s'infléchit toujours plus ou moins à droite & à gauche de cette pente, comme on voit en A & B (*fig. 3.*), ce qui n'empêche pas de dire que le filon A est vertical, & le filon B couché & incliné.

Il y a des filons qui descendent à de très-grandes profondeurs comme A & B, mais il en est d'autres qui sont très-superficiels & finissent à peu de distance de la surface du terrain; ceux-ci donnent ordinairement du minéral au jour; mais il est rare que dans un filon qui a de la profondeur & de la suite, on trouve de la mine près la surface de la terre; c'est toujours

à une certaine profondeur qu'elle commence à se manifester, à moins que quelques ravins ou éboulemens ne l'aient découverte.

C'est une erreur de croire que plus on descend à de grandes profondeurs, plus un filon est riche en minéral. Je ne dis pas que cela n'arrive quelquefois, surtout aux filons verticaux; mais, pour l'ordinaire, le minéral y est dispersé d'une manière très-variée, & je n'ai jamais vu de filon qui soit par-tout également riche; je puis même assurer que j'en ai vu dont le minéral étoit bien plus abondant à deux ou trois cens pieds de profondeur, qu'à douze ou quinze cens pieds.

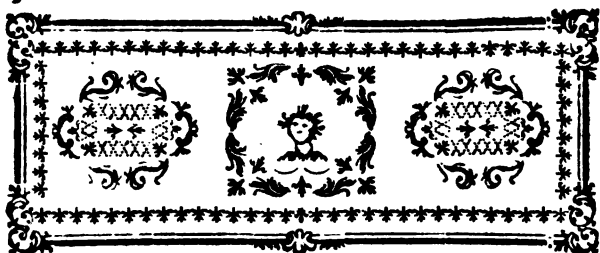
Si dans une montagne, ou tout autre terrain, il se trouve de roche sauvage & d'une épaisseur un peu considérable, telle que du grès, du granite ou autre pierre de cette nature, elle ne manque jamais de couper net un filon, soit qu'elle se trouve au dessus ou au dessous de cette couche; & ce seroit en vain de le chercher au delà.

Mais si c'est une veine de quarts ou de spath, ou bien une espèce de roche pourrie, que les Allemands appellent *Cloufi*, il est rare de ne pas retrouver le

filon , après avoir été intercepté par ces fortes de veines.

Un filon qui paroît d'abord perpendiculaire sur une certaine hauteur, peut tout-à-coup se courber & prendre une pente inclinée ; mais , pour l'ordinaire , ils se redressent à une certaine distance , comme on voit en D (*fig. 3.*). La même chose arrive aux filons inclinés ; on leur voit quelquefois suivre leur inclinaison jusqu'à une certaine profondeur , & prendre tout-à-coup une pente verticale , & reprendre ensuite leur première inclinaison , comme en E.

Un Géometre qui ignoreroit toutes ces vicissitudes , ne manqueroit pas de se trouver en défaut dans bien de cas. , & c'est ce qui nous a déterminé à en faire mention à la tête de cet Ouvrage. Au surplus , nous supplions nos Lecteurs instruits de nous passer quelques expressions triviales dont nous nous sommes servis dans cet Ouvrage , qui a pour but principal celui d'instruire des maîtres mineurs , des ouvriers pour qui le langage des Géometres est souvent une énigme ; d'ailleurs chaque art a ses termes consacrés. qu'on ne peut rectifier , qu'au risque de ne pas se faire entendre.



L A

G É O M É T R I E

S O U T E R R A I N E .



SECONDE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

*De la construction & usage des instrumens
propres aux opérations de la Géométrie
Souterraine.*



LES instrumens nécessaires à
quelqu'un qui se destine au tra-
vail de la Géométrie Souter-
raine, ne sont point nombreux ;
un Étui de Mathématiques complet, un
demi-cercle bien gradué, une boussole

exacte , un recipiangle , un cordeau ou une chaîne sur lequel les toises soient marquées , un pied de roi & quelques règles bien dressées en forment tout l'attirail. On peut , si l'on veut , y joindre un niveau , quoique le demi-cercle y supplée. Nous allons parcourir tous ces instrumens , chacun en particulier , en expliquant en même tems leur usage & les différentes opérations auxquelles ils sont propres.

De l'Étui de Mathématiques.

Cet Étui doit être garni d'un compas simple , d'un compas à trois pointes , d'un porte-crayon , d'un tire-ligne avec une aiguille à ponctuer , d'une règle , d'un compas de proportion , d'une équerre pliante avec un œil pour servir de niveau au besoin , d'un plomb & de deux demi-cercles gradués , vulgairement appelés *rappor-teurs* , & dont l'un doit être de métal , & l'autre de corne , pour qu'il soit transparent ; ce dernier sur-tout est d'une grande commodité pour porter sur le papier les différens angles qu'on a pris en opérant , & qu'on a dû noter de la manière que nous l'expliquerons dans son tems. Tous ces

outils , si on excepte le compas de proportion ; sont trop connus pour exiger de nous d'autre explication ; à l'égard du compas de proportion , son usage dans la Géométrie Souterraine , est peu connu ; on peut d'ailleurs y suppléer par des échelles proportionnelles qu'on se forme à volonté , ce qui nous dispensera d'entrer dans aucun détail de ses propriétés qui sont nombreuses. Ceux qui desireront s'en instruire à fond , peuvent consulter les différens Traités qu'on a composés sur cet instrument , & sur-tout celui du Sr. Bion , comme le plus à portée des commençans.



CHAPITRE II.

Du demi-Cercle.

LE demi-Cercle A B C (*fig. 4. pl. II.*) du moins celui dont on se fert communément dans les mines d'Allemagne , est un instrument formé d'une plaque de cuivre fort mince , évuidée par le milieu , & sur le limbe de laquelle on trace , entre deux demi-circonférences , cent quatre-vingt divisions égales qu'on nomme degrés ; ces divisions commencent au point B , c'est-

à-dire au milieu du limbe, & finissent en A & C de part & d'autre, par le nombre de quatre-vingt-dix ; pour tracer la demi-circonférence qui renferme les degrés, on commence par tirer une ligne A C qu'on divise par le milieu au point D, & c'est de ce point, comme centre, qu'on trace sur le limbe autant de demi-circonférences qu'il en est besoin pour marquer les degrés & les numéroter, & dont les numéros commencent par le milieu du limbe au point B, & finissent de part & d'autre par le n°. 90 : au point D, c'est-à-dire au centre du demi-cercle, la plaque est percée d'un petit trou, au travers duquel on passe un fil de soie, auquel est suspendu un petit plomb B, & le bord supérieur de la plaque est dressé parallèlement à la ligne ou diametre A D C.

Au rebord supérieur du demi-cercle il y a sur les deux extrémités, une agraffe ou crochet F g quelquefois soudé, mais plus souvent fait de la même plaque que le demi-cercle. Ces crochets servent à suspendre le demi-cercle à un cordeau, lorsqu'on veut niveler ou prendre un angle vertical quelconque.

On voit, par la construction de cet instrument, que lorsque son plomb marque

O sur la division des degrés, toute ligne qui passe par le diametre AC, ou qui est parallele à ce diametre, est une ligne de niveau ; & que toutes les fois qu'on incline plus ou moins le diametre de l'instrument, toute ligne qui est parallele au diametre, forme, avec la ligne horizontale, un angle d'autant de degrés que le fil du plomb en marque sur le limbe à droite ou à gauche de O ; ainsi lorsqu'il est question de savoir la pente d'un terrain, on ne fait que tendre un cordeau le long de cette pente ; ensuite on suspend l'instrument sur ce cordeau au moyen de ses crochets, & le fil du plomb marque sur le limbe l'angle que cette pente fait avec la ligne horizontale, & le nombre des degrés de cette pente.

Cet instrument, comme on voit, est très-commode & très-simple ; mais dès la premiere fois que je m'en servis, j'y remarquai un défaut très-essentiel ; c'est que pour peu que le cordeau se trouve d'une certaine longueur, le poids de l'instrument l'infléchit très-sensiblement, & par-là l'angle que le fil d'à plomb marque sur le limbe, n'est jamais exact ; que si on fait cet instrument assez petit pour que son poids ne devienne : pas sensible sur

le cordeau , pour lors les divisions des degrés sur le limbe ne sont plus assez sensibles pour pouvoir prendre un angle avec exactitude ; d'ailleurs le moindre vent en rend l'usage impraticable.

Pour remédier à ces inconvéniens , j'ai fait construire un demi-cercle *EFG* (*fig. 5. pl. II.*) divisé comme le précédent , & auquel j'ai fait donner neuf pouces de diamètre : au lieu de crochets pour le soutenir , j'ai fixé sur la branche *H* un genouil pliant *K* garni de sa douille *O* , semblable à ceux qu'on met aux planchettes & aux cercles d'arpenteur ou graphomètres , & je le place de même sur un trépied *R* , vulgairement appelé *trécheur* : aux deux extrémités de la branche *EF* , je place deux pinnules *IL* dont les fentes , perpendiculaires au plan du demi-cercle , répondent exactement à son centre , en sorte que la ligne de mire *MN* , passe toujours par ce centre dans quelque situation que soit le demi-cercle.

Au lieu de ne tracer sur le limbe que les deux cercles qui renferment les degrés , j'en fais tracer six autres avec des lignes transversales qui forment six divisions , dont chacune répond à dix minutes , de la même manière qu'on le pratique sur

les quarts-de-cercles astronomiques ; au moyen de ces précautions on peut opérer avec d'autant plus de précision, qu'on a une ligne de mire qui ne peut varier, & qu'on ne se sert du cordeau que pour mesurer la longueur de cette ligne.

Cet instrument n'est point d'usage dans les souterrains, mais il est très-commode pour prendre la hauteur & la pente des montagnes, & lorsqu'il est bien fait, on peut s'en servir dans les nivellemens avec autant de précision qu'avec tout autre niveau. Toute la précaution qu'on doit avoir, c'est de placer toujours le point de mire à la même hauteur, au dessus de terre, que l'est le centre de l'instrument lorsqu'on prend les angles ; & que dans les nivellemens on doit toujours retrancher des hauteurs trouvées, celle du centre de l'instrument.

D'autres que moi avoient sans doute senti tous les défauts du demi-cercle simple, & pour y remédier ils ont imaginé un autre instrument (*fig. AB pl. I.*) dont j'ai vu faire usage dans quelques travaux des mines.

Cet instrument consiste en une règle de bois *AB* de trois-quarts de pouce en quarré, sur environ un pied de longueur,

montée sur un pied de cuivre *CD* garni de sa douille *D*, pour être placé sur un trécheur. L'extrémité *A* de la règle, forme vers le pied *C* une espece de charniere, au moyen de laquelle on peut élever ou abaisser à volonté l'extrémité *B*. Le dessus de la règle est garni de deux pinnules, & le dessous porte deux petites plaques de cuivre *G H*, traversées par une corde à boyeau *K*, qu'on tend à volonté au moyen d'une vis *I*, de la même maniere qu'on tend les cordes d'un violon.

Sur la corde *K* on suspend le demi-cercle allemand garni de son plomb, & de cette maniere on prend assez commodément un angle vertical, lorsqu'il n'est pas fort élevé & qu'il ne fait pas de vent; mais lorsque l'angle est fort haut, le cercle est sujet à glisser le long de la corde & à descendre contre la plaque *G*, ce qui peut en déranger la suspension; & le moindre vent qu'il fasse, ce demi-cercle n'est point assez fixe pour opérer exactement.

Lorsqu'avec cet instrument on a pris l'angle vertical, on ôte le demi-cercle, & l'on suspend à sa place une boussole montée dans un suspensoire, afin de prendre la direction de la ligne visuelle;

mais au moindre vent, cette opération est impraticable, sans cela cet instrument seroit fort commode.



CHAPITRE III.

De la Bouffole.

LA Bouffole est d'un très-grand usage dans la Géométrie Souterraine, quoiqu'elle soit quelquefois sujette à des erreurs auxquelles on s'attend le moins, parce que dans les travaux des mines, il peut y avoir des veines ferrugineuses qui agissent sensiblement sur l'aiguille aimantée, & peuvent rendre les opérations défectueuses; c'est pourquoi nous conseillons toujours de vérifier ce travail de la manière que nous dirons ci-après, surtout lorsqu'il s'agit d'une opération essentielle, & dont les erreurs pourroient occasionner des dépenses en pure perte.

Cet instrument consiste en une petite planche ABCD (*fig. 6 pl. II.*) d'ébene, de noyer ou d'autre bois dur, d'environ cinq pouces en quarré plus ou moins, sur trois bons quarts de pouce d'épaisseur. Cette planche est creusée circulairement,

dans le milieu, d'un demi-pouce de profondeur, & forme une espece de boîte d'environ quatre pouces de diametre, qui est la longueur ordinaire qu'on donne aux aiguilles aimantées & destinées à ces sortes d'usages. On pratique au tour de cette boîte un rebord E F dans lequel on encastre une rondelle de laiton, sur laquelle on trace les divisions dont nous allons parler ; mais auparavant il est bon d'observer qu'on fera toujours bien de faire argenter ou blanchir cette virole, à moins de la faire d'argent, ce qui seroit beaucoup mieux ; parce que dans les souterrains on est toujours obligé d'opérer à la lumiere, & que la couleur jaune du laiton ne permet que difficilement de bien distinguer les points des divisions qui sont beaucoup plus sensibles sur un métal blanc.

Sur l'un des côtés de la planche, comme B C, on place une espece d'alidade de laiton, garnie de ses pinnules G H, & mobile au point I où elle est fixée par une vis en bois ; de maniere qu'elle joint exactement le côté de la planche.

Au fond de la boîte on colle un papier de la grandeur du fond, & sur lequel on a tracé deux lignes ou diametres

qui se croisent au centre à angles droits, & sur les extrémités de ces lignes, on écrit les quatre points cardinaux de l'horison, *Nord*, *Sud*, *Est* & *Ouest*, comme on voit dans la figure. En collant ce papier, il faut avoir le plus grand soin que la ligne marquée *Nord* & *Sud*, soit parfaitement parallele au côté *B C*, & à la ligne de mire tracée sur l'alidade *GH*, parce que c'est toujours à l'extrémité nord de cette ligne prolongée, que commencent les divisions qu'on trace sur la rondelle ou plaque de métal *E F*, comme il suit.

Nous avons observé dans le Discours Prélimaire, que l'usage des Mineurs est de diviser l'horison en vingt-quatre parties, qu'ils appellent *heures*, & qui correspondent à chaque point où se trouve le soleil pendant la révolution journalière de vingt-quatre heures ; ainsi lorsqu'une ligne ou un filon de minéral se dirige du nord au sud, ou du sud au nord, ils disent que cette ligne, ou ce filon, va par les douze heures : si cette ligne se dirige par le nord-est & sud-ouest, ils disent qu'elle va par les neuf heures, & ainsi des autres, en ajoutant ou diminuant les quarts, les demi-quarts, &c. Maintenant il y a deux manieres de placer ces heures sur l'inf-

trument, suivant que la boussole est montée. Si on se sert d'une boussole ordinaire qui n'a point d'alidade, on doit marquer les heures & les divisions de gauche à droite, douze de chaque côté de la ligne nord & sud, comme on marque celles d'un cadran d'horloge : en voici la raison, c'est que lorsqu'on prend un alignement avec ces sortes de boussoles simples, on commence par placer à demeure la boussole, de manière que l'aiguille soit fixe sur le point du nord, sans avoir égard à la déclinaison ; cela fait, on tend un cordeau sur la ligne de direction qu'on cherche, & on fait passer ce cordeau au centre de la boussole ; c'est-à-dire sur la chappe de l'aiguille, & la division de l'heure que ce cordeau coupe sur le cadran, donne l'heure de la direction. Jusques à ces derniers tems, on ne s'est pas servi d'autre boussole, & la plupart des Mineurs suivent encore cette méthode ; mais il est aisé de s'appercevoir qu'en plaçant le cordeau sur le milieu, on peut aisément se tromper de plusieurs minutes & même d'un degré, sur-tout si on ne prend pas garde à l'effet de la lumière qui vous fait toujours paroître le cordeau à côté de la division qu'il coupe réelle-

ment ; il arrive de-là que lorsqu'on a à mesurer une distance un peu considérable , & qu'on a sur-tout un nombre d'angles à prendre , comme cela arrive presque toujours , ces erreurs multipliées peuvent vous jeter à une , deux & même trois toises à côté du véritable point que vous cherchez.

L'alidade qu'on a récemment imaginé d'adapter à cet instrument , en rend l'usage beaucoup plus sûr , mais alors il faut placer les heures en sens contraire , comme on voit dans la figure , & l'on fera très-bien encore de tracer sur la même plaque un cercle sur lequel soient marqués les degrés , en commençant par zero , au point du nord de l'instrument , & en les notant de part & d'autre jusques au nombre de 180 , qui se trouve au point du Sud comme la figure le fait voir. La raison de toutes ces dispositions est celle-ci : supposons que je cherche la direction d'une ligne qui décline vers le nord-ouest de 35 degrés ; je fais porter le long de cette ligne une lumière aussi loin que je puis l'appercevoir , puis ayant placé ma boussole telle qu'elle est dans la figure , je suis obligé dans ce cas , pour diriger l'alidade vers la lumière , de tourner la
boussole

bouffole de droite à gauche, c'est-à-dire de B vers A; dès que j'apperçois distinctement la lumiere au travers des pinnules, je m'arrête-là, & j'attends que l'aiguille soit fixée. Or je ne puis pas tourner la bouffole de 35 degrés de B vers A, sans faire passer un pareil nombre de degrés dans le même sens, devant la pointe de l'aiguille dont la direction est fixée; & par conséquent la pointe de l'aiguille se trouvera alors sur le point de dix heures vingt minutes, qui correspondent au trente-cinquieme degré du cercle.

Que si la direction cherchée s'étoit trouvée à 35 degrés vers l'Est, pour lors il est visible que pour appercevoir la lumiere au travers des pinnules de l'alidade, au lieu de tourner l'instrument de B vers A j'aurois été obligé de le tourner de A vers B, & pour lors j'aurois amené le point de deux heures vingt minutes sous la pointe de l'aiguille.

Ainsi dans la premiere opération j'ai dû dire, la direction de cette ligne ou de ce filon va par les dix heures & vingt minutes, ou bien cette ligne décline de 35 degrés vers l'Ouest; dans la seconde, je dirai, cette ligne va par les deux heures vingt minutes, ou bien cette ligne dé-

cline de 35 degrés vers l'Est. En un mot, par la disposition de ces divisions dans quelque opération qui se présente, la ligne tracée sur l'alidade est toujours placée sur la direction qu'on cherche, & l'aiguille marque toujours sur le cadran quelle est cette direction en heures & en degrés.

Il nous reste un mot à dire sur la manière de suspendre l'aiguille aimantée ; pour cet effet, on fixe au centre de la boîte un pivot de laiton, souvent on n'y fait pas tant de façon ; on fait ce pivot de fer ou d'acier, je n'approuve ni l'un ni l'autre de ces métaux, le laiton s'émousse facilement, il est d'ailleurs sujet à jeter une crasse à l'endroit où il frotte, qui nuit à l'agilité de l'aiguille. Les pivots d'acier ne manquent jamais de s'aimanter, ils forment alors un petit tourbillon magnétique dont la direction, contraire à celui de l'aiguille, ne peut qu'y apporter des dérangemens. Je voudrois qu'on fît ces pivots avec du métal de cloche, qu'on les fît solides, & que leur pointe se terminât par un angle d'environ 40 degrés, & qu'on en donnât 70 à l'ouverture de la chappe qu'il faudroit faire d'agate ou de quelqu'autre pierre dure. L'aiguille étant placée on couvre le tout avec un verre

bien transparent, tant pour empêcher les ordures d'y pénétrer, que pour mettre l'aiguille à l'abri du vent, lorsqu'on en fait usage.

On doit également placer au dessous de la boîte un genou pliant avec sa douille, pour recevoir la tige d'un trécheur, toujours nécessaire pour opérer facilement.

Il arrive assez souvent dans les travaux souterrains, qu'on ne peut pas prendre les angles avec les instrumens dont nous venons de donner la description; on est alors obligé de se servir d'un instrument assez grossier, mais qui suffit pour ces fortes d'opérations.

Cet instrument, auquel on donne le nom de fausse équerre, & plus souvent celui de récipiangle, consiste en deux regles de bois A B. C B (*fig. AD, pl. II.*) de 15 à 18 pouces de longueur, bien dressées & assemblées en B par une vis ou boulon D, qui traverse les regles, & qui sort de part & d'autre d'environ trois quarts de pouce.

Les deux extrémités des règles A & C, sont garnies de deux pivots E F de la grosseur du boulon D, taillés sur leur longueur en demi-lune, & placés de

maniere que le côté plat affleure les bords intérieurs des règles.

Outre la fausse équerre ci-dessus , on a un demi-cercle **H**, ordinairement fait d'un bois dur qu'on a soin de graduer exactement, & dont le demi-diametre est égal à la longueur des règles ci-dessus. L'on pratique au centre de ce demi-cercle un trou **G**, capable de recevoir exactement le pivot **D**.

Par cette construction il est aisé de voir qu'en plaçant le pivot **D** dans le trou **G**, on voit sur le limbe du demi-cercle le nombre de degrés que comprend l'angle formé par l'ouverture des règles **AB. CB**. Cela posé , voici la maniere de se servir de cet instrument.

Supposons qu'on veuille prendre l'angle intérieur que forment deux murailles, ou les parois de quelque travail souterrain , on applique la tête **B** de la fausse équerre contre l'angle des murs, ensuite on passe un cordeau derriere le pivot **D** qu'on étend de part & d'autre le long des parois , puis sans remuer la tête **B**, on ouvre les règles jusqu'à ce que les pivots **E F** rasent le cordeau , après quoi on porte cette ouverture sur le demi-cercle & plaçant le pivot **D** dans le trou **G** ; &

pour lors les bords intérieurs des règles marquent sur le limbe, la valeur ou le nombre de degrés de l'angle qu'on a pris.



CHAPITRE IV.

Du Réciplane ou Graphometre.

LE Réciplane est un instrument qui, pour prendre les directions & les mesures des travaux souterrains, peut, à certains égards, suppléer à l'usage de la boussole ; on s'en sert sur-tout pour vérifier les opérations qu'on en a faites avec cette dernière, mais pour cet effet on doit avoir soin de marquer les stations qu'on a faites avec la boussole, afin de placer le réciplane aux mêmes endroits.

Cet instrument consiste en un demi-cercle ABC (*fig. 7, pl. III.*) gradué de la même manière que celle-ci, qui sert à niveler & à prendre les hauteurs, & dont nous avons donné ci-dessus la description. Le demi-cercle est garni de deux pinnules AB perpendiculaires sur son plan, & porte en outre une alidade DE, mobile sur son centre, & munie également de deux pinnules ED. Ces pinnules sont échan-

créées sur la moitié de leur hauteur, comme la figure les représente ; afin que lorsque les angles qu'on prétend se trouvent très-petits comme de deux à trois degrés, ou très-grands comme de 178 ou 179 degrés , on puisse voir les objets au travers des fentes des deux pinnules qui se rencontrent. La branche F est garnie par dessous, d'un genou pliant avec sa douille pour placer cet instrument sur son pied lorsqu'on s'en sert.

Maintenant pour faire usage de cet instrument , supposons qu'il soit question de mesurer les contours & la longueur d'une galerie souterraine ABCD (*fig. 8, pl. III.*) il faut commencer par prendre la direction de la premiere station, c'est-à-dire de la ligne AB, ce qui ne peut se faire qu'en prenant une méridienne EF, soit avec la boussole , soit d'une autre maniere, comme nous l'enseignerons dans la suite. Cela fait , on place au point A l'instrument, de maniere que la méridienne passe par les pinnules AB, ce qu'on peut reconnoître , soit en appliquant la vue à l'une des pinnules , soit en tendant un fil *a* sur la méridienne qui rase l'échancrure des deux pinnules ; faites ensuite porter une lumiere en B, & dirigez

l'alidade jusqu'à ce que vous apperceviez cette lumière au travers des deux pinnules DE ; cela fait examinez si les deux pinnules A & B ne se sont point dérangées de dessus la méridienne EF , car c'est en quoi consiste l'exactitude de cette première opération , & à laquelle on ne sauroit apporter trop d'attention , parce que toutes les opérations suivantes en dépendent. Tout étant exact , & sans toucher l'instrument , voyez le nombre de degrés que l'index E marque sur le demi-cercle , ce sera la valeur de l'angle EAB ou la déclinaison de cette partie de la galerie comprise entre A & B : supposons que l'index E se trouve sur le 67^e. degré , on peut dire alors que la portion de la galerie AB décline vers l'Est de 67 degrés , ou qu'elle va par les quatre heures vingt-huit minutes , à raison de quinze degrés par heure , & de quatre minutes par degré. Il faut ensuite mesurer la longueur de la ligne ou de la distance AB , & noter le tout sur un papier ; cela fait , on place une lumière ou un autre signal au point A , précisément à l'endroit où étoit le centre de l'instrument , & pour cet effet , la vis qui maintient l'alidade au centre du demi-cercle , porte un petit

crochet à son extrémité au dessus de l'instrument ; avant que de le déplacer on suspend au petit crochet un fil qui porte un petit plomb (*fig. 9.*) & qu'on fait glisser sur le crochet jusqu'à ce que le plomb touche à terre ; on place la pointe d'un clou, ou autre chose, au point où le plomb touche , après quoi on ôte l'instrument & on le porte au point B où l'on a dû avoir la précaution de marquer, avec un plomb semblable, le point d'aplomb de la lumière qui a servi de signal & qu'on doit transporter en C.

L'instrument étant porté en B, on le place de maniere que son centre réponde au même point où étoit la lumière , ce qu'on reconnoîtra en suspendant le plomb au crochet de la vis , & on le dirige de façon qu'on apperçoive le signal C par les pinnules AB , après quoi on dirige l'alidade DE vers le signal A , jusqu'à ce qu'on les voie au travers des pinnules DE, & l'on voit quel nombre de degrés l'index E marque sur le demi-cercle, qui fera la valeur de l'angle B, ce qu'on note sur le papier ; on mesure ensuite le côté BC qu'on note également ; après quoi, sans avoir égard à aucune déclinaison, on transporte l'instrument en C, & l'on

nf porte le signal C en *d* & le signal A en
on B , en observant toujours d'avoir la plus
te grande attention que le signal A , qu'on
if transporte en B , soit sur le même point
ib où étoit le centre de l'instrument , & que
in le centre de celui-ci soit sur le même
ib point où étoit le signal C , ce qu'on
it reconnoitra en prenant des aplombs à
ti chaque opération , comme nous l'avons
n expliqué ci-dessus.

a On prend ensuite l'angle C de la même
t maniere qu'on a pris l'angle B , on note
également sa valeur , ainsi que la mesure
e de la distance CD , après quoi on va faire
e la même opération en D , puis en G , &
e ainsi de suite.

Nous observons ici pour ceux qui com-
mencent , que dans ces opérations on doit
toujours tourner le limbe ACB du demi-
cercle du côté de l'ouverture des angles
qu'on prend ; par exemple , en prenant
l'angle B , l'instrument a dû être tourné de
façon que pour observer le signal C , l'œil
a dû être appliqué à la pinnule A , au lieu
qu'en observant l'angle C , l'instrument a
dû être tourné de l'autre sens , & l'œil
pour observer le signal D , doit être appli-
qué à la pinnule B ; à l'égard de l'alidade ,
c'est toujours à la pinnule D opposée à

celle de l'index, que l'œil de l'observateur doit être placé. Une autre observation que je ne dois pas omettre, c'est que lorsqu'on a plusieurs angles de suite, & que les uns vont à droite & les autres à gauche, & qu'on en a quelquefois deux ou trois de suite dans le même sens, surtout dans des anciens travaux, on oublieroit facilement de quels côtés vont ces angles, ce qui jetteroit dans de grandes erreurs, si on n'avoit soin de le noter à chaque station.

Il y a des Géomètres qui se contentent de faire ces notes par écrit sur le papier, ainsi qu'il suit : Première station, angle à droite 130 degrés, cotés 25 toises, &c. Seconde station, angle à gauche 110 degrés, coté 30 toises, &c. Mais lorsqu'on a un grand nombre de stations, cela peut embrouiller un commençant ; au lieu de cela, je conseille de se servir de la méthode suivante, dont je me suis toujours très-bien trouvé.

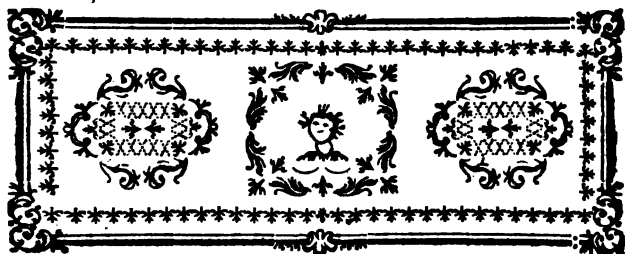
Avant que de commencer mon travail, je trace sur un quarré de papier, plusieurs lignes droites, paralleles à un bon pouce de distance les unes des autres ; je les divise en parties à-peu-près égales par de petites lignes qui les croisent à-peu-

près à angles droits ; au somme de ces petites lignes , je les numérote comme on voit (*figure 10 , pl. III.*) ce qui me donne les numéros de chaque station que je prévois avoir à faire , & je considère toujours la premiere ligne AB comme une méridienne constante , ensuite ayant à mesurer la longueur de la galerie ABCD (*fig. 8.*) & ayant trouvé à ma premiere station que l'angle EAB est de 67 degrés , & la distance ou côté AB de dix-huit toises 5 pieds quatre pouces ; & considérant que cet angle est à ma gauche , je le note comme on voit à la figure 10 , ensuite prenant l'angle B , je le trouve par exemple de 116 degrés à ma droite ; je le marque sur la droite de la seconde station de ma ligne , & ayant trouvé la longueur du côté BC de quatorze toises 2 pieds , je les note du même côté ; puis prenant l'angle C à ma gauche & le trouvant de 132 degrés , je le note à gauche à l'extrémité d'un petit trait , & trouvant le côté CD de seize toises 2 pieds 10 pouces , je les note du même côté sur la ligne ; prenant ensuite l'angle D que je trouve à ma droite de 125 degrés & le côté DG de douze toises 2 pieds , je note l'un & l'autre nombre du même

côté comme la figure le fait voir; de cette maniere on voit toujours devant soi les différens contours de son travail, & l'on ne risque jamais de se tromper; d'un autre côté lorsqu'il est question de rédiger le plan d'un pareil ouvrage, comme nous l'expliquerons dans la suite, on l'a presque tout tracé devant soi.

Outre les instrumens dont nous venons de donner la description, un Géometre praticien doit avoir une règle divisée en un nombre de parties égales, pour lui servir d'échelle lorsqu'il dresse ses plans; je me sers d'une règle pliante de cuivre, pour la commodité du transport, ses parties aliquotes sont divisées en pouces & lignes, auxquelles je donne la valeur fictice que je veux suivant l'étendue des ouvrages. Il convient encore d'être muni d'un compas à quatre pointes pour la réduction des plans: nous ne dirons rien du niveau d'eau, cet instrument est trop connu pour en faire ici la description; d'ailleurs le demi-cercle dont nous avons parlé dans ce Chapitre, peut très-bien y suppléer lorsque le tems est à-peu-près calme.





L A

G É O M É T R I E

S O U T E R R A I N E .



TROISIEME PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

Des principes de Géométrie Linéaire , nécessaires à l'intelligence de la Géométrie Souterraine.

D É F I N I T I O N S .

L E point est un endroit d'une surface ou d'une grandeur quelconque , considéré comme n'ayant aucunes parties ; lorsqu'avec une aiguille ou ma plume j'appuie sur le papier , je

forme un point qui détermine l'endroit que j'ai piqué, sans avoir égard aux parties que j'ai divisées par cette piqure, le point est toujours l'endroit par où commence & finit une mesure linéaire quelconque.

La ligne est une grandeur quelconque, considérée comme n'ayant aucune largeur ni profondeur; la ligne, à proprement parler, n'est autre chose que le chemin que décrirait un point en se mouvant le long d'une surface quelconque, comme de A vers B (*fig. 11, pl. III.*); si par exemple, en marquant avec la pointe d'une aiguille le point A, je fais glisser l'aiguille de A en B, le mouvement de ce point décrira la ligne A B.

Nous ne connoissons en Géométrie que deux sortes de lignes, la ligne droite & la ligne courbe. La ligne droite est celle que décrit un point qui se meut sur une même direction, sans se détourner ni à droite ni à gauche, comme de A en B (*fig. 11.*); la ligne courbe est celle que ce même point décrirait en se détournant continuellement de sa direction primitive, comme de A vers C.

Si un point quelconque A (*fig. 12.*) se meut autour d'un autre point B, & qu'en

se mouvant il conserve toujours une distance égale de ce dernier point, il décrira une ligne courbe ACDEA rentrante sur elle-même, & à laquelle on a donné le nom de circonférence de cercle, ou simplement de cercle. Il y a plusieurs autres especes de lignes courbes auxquelles les Géometres ont donné différens noms, mais qui ne sont d'aucun usage dans la Géométrie Souterraine. Nous n'en dirons pas de même du cercle; la plus grande partie des opérations de cette Géométrie, dépendent des propriétés de cette courbe.

Le point B, autour duquel le ~~cer~~^{cercle} est décrit, s'appelle le centre de ce cercle.

Toute ligne droite qui passe par le centre B & se termine à la circonférence de part & d'autre, comme EC, AD, est appellée le diametre du cercle.

Le cercle est toujours censé divisé en trois cens soixante parties égales, qu'on nomme degrés; chaque degré est censé divisé en soixante parties égales, qu'on nomme minutes; chaque minute en soixante parties, qu'on nomme secondes, les secondes en tierces, les tierces en quartes, &c. mais la Géométrie Souterraine

ne s'étend point jusqu'à ces derniers degrés de précision.

Lorsque deux diamètres, comme AD , EC , partagent le cercle en quatre parties égales, les quatre parties du cercle comprises entre ces lignes, s'appellent quarts de cercle, & contiennent chacune quatre-vingt-dix degrés, parce que 90 est le quart de 360.

On appelle lignes parallèles deux lignes qui sont à égale distance dans toute leur longueur, les lignes AB , CD & EF , GH (*fig. 13.*) sont de lignes parallèles.

La ligne perpendiculaire est une ligne qui tombe d'à plomb sur un autre, & qui ne penche pas plus d'un côté que d'autre; la ligne AB (*fig. 12.*) est une ligne perpendiculaire sur la ligne EC , & la ligne BC est également une perpendiculaire sur la ligne AD .

Lorsque deux lignes se rencontrent en un point comme FB , CB (*fig. 12.*) l'espace ou l'ouverture BC qu'elles renferment entr'elles, sans avoir égard à la longueur de ces lignes, s'appelle un angle; les lignes BF , BC sont appelées les côtés de l'angle BC , & l'arc du cercle FC , compris entre les deux côtés ou le nombre

nombre de degrés que cet arc renferme , est la mesure de l'angle ; ainsi on dit toujours un angle de tant de degrés , comme de 10 , de 20 , de 30 degrés , &c.

Il y a trois sortes d'angles ; savoir , l'angle droit , l'angle aigu & l'angle obtus. L'angle droit est invariable , il contient toujours le quart du cercle ou 90 degrés , & ses côtés sont toujours perpendiculaires l'un à l'autre ; c'est pourquoi on peut encore définir une ligne perpendiculaire celle qui fait sur une autre ligne deux angles droits.

L'angle aigu est celui dont les côtés renferment un arc au dessous de 90 degrés , ou qui est moindre que l'angle droit ; ainsi l'angle FBC est un angle aigu , parce qu'il est moindre que l'angle droit A BC.

L'angle obtus est celui qui est plus grand que l'angle droit , ou dont les côtés renferment au delà de 90 degrés ; ainsi l'angle EBF est un angle obtus.

Toute ligne comme FB qui en rencontre une autre comme EC , forme sur cette dernière deux angles qui en valent toujours deux droits , c'est-à-dire 180 degrés ou la demi-circonférence. Ces deux angles sont le supplément l'un de

l'autre ; l'angle FBE est le supplément de l'angle FCB , & réciproquement l'angle FCB est le supplément de l'angle FBE , parce qu'on appelle supplément d'un angle la quantité de degrés qui lui manquent pour compléter 180 ou la demi-circonférence.

On appelle complément d'un angle le nombre de degrés qui lui manquent pour faire quatre-vingt-dix (90) ou pour être égal à un angle droit, ainsi l'angle FBA est le complément de l'angle FCB , & réciproquement l'angle FCB est le complément de l'angle FBA .

Une ligne perpendiculaire, tirée de l'une des extrémités, de l'arc FC sur le côté qui passe par l'autre extrémité de cet arc, comme FG , est appelée le sinus droit ou simplement le sinus de l'angle FCB , & de l'angle de supplément FBE , parce que le sinus d'un angle aigu, comme FCB est toujours en même tems le sinus de l'angle obtus FBE qui est son angle de supplément.

La ligne GC est appelée le sinus verse de l'angle FCB , & la ligne GE est appelée le sinus verse de l'angle FBE .

Le co-sinus d'un angle est toujours le sinus droit de l'angle de son complément,

ainsi la perpendiculaire FH abaissée du point F sur le côté AB, est en même tems le sinus de l'angle FBA & le co-sinus de l'angle FBC, & réciproquement le sinus FG de l'angle FBC, est en même tems le co-sinus de l'angle FBA.

On appelle la tangente d'un angle quelconque FBC ou plutôt de l'arc FC, qui le soutient, une ligne perpendiculaire à l'un des côtés de l'angle, tirés de l'extrémité de l'arc qui lui répond, comme CI, & qui se termine à la rencontre de l'autre côté de l'angle prolongé jusqu'en I, & alors la ligne BI est appelée la sécante du même arc ou du même angle.

La tangente & la sécante de l'arc de complément FA ou de l'angle FBA, se nomment la co-tangente & la co-sécante de l'angle FBC, & réciproquement la tangente & la sécante de ce dernier angle sont la co-tangente & la co-sécante de son angle de complément FBA.

Le sinus de l'angle droit ABC est toujours appelé le sinus total, & est toujours égal au demi-diametre du cercle sur lequel il est appuyé, comme en AB ou CB; lorsqu'on dit le sinus total, on sous-entend toujours que c'est le demi-

diametre, du cercle ou, ce qui est le même , le sinus de l'angle droit.

Pour faciliter la solution de nombre de problèmes dont nous parlerons dans la suite, on a supposé le sinus total, divisé en dix millions de parties égales , dont les sinus , les tangentes & sécantes de chaque angle qu'on peut former dans un quart de cercle , en contiennent un nombre proportionnel à leur grandeur ; par exemple , le sinus d'un angle de 20 degrés , contient 3420202 de parties égales à celles dont le sinus total en contient 10000000 , & en retranchant les deux derniers chiffres, on peut dire que le sinus de 20 degrés est au sinus total , comme 34202 est à 100000 , & ainsi des autres dont on a dressé des tables connues sous le nom de tables des sinus , dont nous expliquerons l'usage dans la suite, pour la résolution des triangles.

Le triangle est une figure terminée par trois lignes droites, ou qui renferme trois angles formés par les extrémités de trois lignes qui se rencontrent au sommet de chaque angle , & qu'on nomme les côtés du triangle.

Lorsque ces côtés sont égaux , on appelle le triangle équilatéral ou équiangle ,

comme A (*fig. 14.*); s'il n'y a que deux côtés d'égaux , le triangle est nommé triangle isocèle , comme B (*fig. 15.*); & enfin si les trois côtés sont inégaux , on dit que le triangle est scalène , comme C (*fig. 16.*)

Tout triangle qui renferme un angle droit , est appelé triangle rectangle , & on nomme triangles obliques tous ceux qui ne renferment pas un angle droit.

On distingue encore les triangles en triangles rectilignes , & en triangles sphériques ; les triangles rectilignes sont ceux qui sont formés par de lignes droites. ; & les triangles sphériques sont ceux dont les côtés sont de portions de cercle. Nous ne parlerons pas de ces derniers dans cet ouvrage , parce qu'ils n'y sont d'aucune utilité.

Dans les triangles rectangles , le côté qui est opposé à l'angle droit , s'appelle hypoténuse.

Dans tout triangle rectiligne , les trois angles pris ensemble , sont égaux à deux droits ; c'est-à-dire que la somme des arcs qui mesurent les trois angles , est égale à 180 degrés.

Nous avons apporté toute l'attention possible pour rendre claires & intelligi-

bles les définitions précédentes , parce qu'il est important pour les commençans de se les rendre familières avant que de passer à la solution des problèmes énoncés dans cet Ouvrage. Nous avertirons encore ici , que nous avons crû pouvoir nous dispenser de démontrer les solutions de ces mêmes problèmes , parce que ces démonstrations se trouvent dans tous les ouvrages de Géométrie-pratique , qui sont répandus dans le Public.

PROBLEME I.

Tracer une ligne parallele à une ligne donnée.

SOLUTION.

Nota. Il ne s'agit dans ces cinq premiers problèmes que de les résoudre sur le papier , afin de donner aux commençans une notion de pareilles opérations , qu'il s'agira dans la suite d'exécuter sur le terrain.

Soit AB (*fig. 17, pl. III.*) la ligne donnée , à laquelle il s'agit de tracer une ligne parallele à une distance quelconque , exprimée par AC : pour cet effet , ouvrez votre compas de la grandeur AC & d'un

point C pris à volonté sur la ligne AB ;
 décrivez l'arc DE , puis sur un autre point
 quelconque F de la même ligne AB & de
 la même ouverture de compas , décrivez
 un autre arc GH semblable au premier ,
 puis avec une règle tirez une ligne IK
 qui touche le sommet des deux arcs ; ce
 fera la parallèle proposée , parce que le
 sommet des deux arcs par où cette ligne
 passe , sont à égale distance de la ligne
 AB , puisqu'ils sont faits avec la même
 ouverture de compas ; & par conséquent
 la ligne droite IK aura toute sa longueur
 à égale distance de la ligne AB , & lui
 sera conséquemment parallèle.

PROBLEME. II.

*Sur un point quelconque A (fig. 18.)
 de la ligne donnée BC , élever une ligne
 perpendiculaire à la ligne donnée.*

SOLUTION.

Sur le point donné A , prenez avec le
 compas de part & d'autre deux points
 DE à égale distance du point A , & en
 ouvrant le compas de la distance DE , plus
 ou moins , du point D comme centre ,

E 4

décrivez l'arc EG ensuite du point E, & avec la même ouverture de compas, décrivez l'arc HI qui croise l'arc FG au point L ; tirez ensuite la ligne LA', ce sera la perpendiculaire requise, car le point L, est à égale distance des points E & D, qui sont eux-mêmes à égale distance de A, donc la ligne AL ne penche pas plus d'un côté que de l'autre de la ligne BC, donc elle lui est perpendiculaire.

PROBLEME III.

D'un point donné A (fig. 19.) abaisser une perpendiculaire AF sur la ligne donnée. BC.

SOLUTION.

Du point A, tracez l'arc de cercle DE qui coupe la ligne BC aux deux points DE; divisez l'espace DE en deux parties égales ; au point F tirez la ligne AF qui sera la perpendiculaire requise, ce qui est évident, car le point A est à égale distance des points DE, ainsi que le point F donc la ligne FA ne penche pas plus d'un côté que de l'autre : donc elle est perpendiculaire.

PROBLEME IV.

Du point A sur la ligne BC (fig. 20.) élever une ligne AD qui fasse, avec la ligne BC, un angle donné quelconque.

SOLUTION.

Supposons que l'angle donné soit le 29 degrés du point A comme centre; décrivez le quart de cercle GF, que vous diviserez en 90 degrés ou parties égales; prenez en 29 de G en D; tirez la ligne AD qui fera la ligne proposée; ou bien, pour avoir plutôt fait, tracez l'arc GE qui ait le point A pour centre, & qui soit précisément de la grandeur de votre arc de cercle rapporteur; prenez sur le rapporteur 29 degrés; portez-les sur votre arc de G en D; tirez la ligne AD qui fera également la ligne requise.

PROBLEME V.

D'un point quelconque donné A, (fig. 21.) tirer une ligne AG qui fasse, avec la ligne donnée BC, un angle donné AGD, que nous supposons de 40 degrés.

SOLUTION.

Du point A, abaissez la perpendiculaire AD par le Problème III. Cette perpendiculaire fera un angle droit avec la ligne DB, c'est-à-dire de 90 degrés. Maintenant étant prévenu d'un côté que l'angle AGD, qu'on demande, doit être de 40 degrés, & que d'un autre côté on fait que dans tout triangle rectiligne les trois angles en valent deux droits, c'est-à-dire 180 degrés, sur lequel on a d'abord l'angle droit D de 90, & comme l'angle G en doit avoir 40, il ne s'agit plus que de savoir combien de degrés doit avoir l'angle A, pour que l'angle G ait cette valeur : or ces deux angles en valent un droit ou 90 degrés ; si on ôte les 40 degrés exigés pour l'angle G, il en restera 50 pour l'angle A ; pour avoir cet angle, ainsi que la ligne AG proposée, du point A & de la distance ou demi-diametre AD, tracez la portion de cercle ou l'arc DE, sur lequel vous prendrez par le problème précédent 50 degrés de D en F, ensuite du point A ; & par le point F, tirez la ligne AFG qui fera, comme il est évident sur la ligne BC, un



CHAPITRE II.

*Des Règles principales concernant la
résolution des triangles rectilignes.*

TOUT triangle est composé de six parties ; savoir , de trois angles & de trois côtés ; résoudre un triangle , c'est chercher la valeur de ces mêmes parties , c'est-à-dire la valeur de ses angles & de ses côtés : on a donné le nom de *Trigonométrie* à la partie de la Géométrie qui enseigne la pratique de ces opérations. Dans les triangles rectilignes on mesure les angles par leur sinus , & par leurs côtés , par des mesures connues, & ce n'est que par la connoissance de quelques-unes de ces parties qu'on parvient à la connoissance des autres. Dans tout triangle rectiligne , par exemple , lorsqu'on connoît deux angles & un côté ou deux côtés , & un angle , on peut connoître les deux autres côtés & l'autre angle , ou les deux autres angles , & l'autre côté ; de même connoissant les trois côtés , on peut connoître les trois angles ; mais connoissant les trois

angles on ne sauroit déterminer la valeur des trois côtés , parce que deux triangles semblables peuvent être beaucoup plus grands l'un que l'autre , quoiqu'ayant les mêmes angles. Le triangle A, par exemple, (*fig. 22 , pl. IV.*) est plus grand que le triangle B quoique leurs angles soient égaux ; ainsi la connoissance des trois angles d'un triangle , peut bien nous donner le rapport que les côtés ont entr'eux , mais elle ne sauroit nous donner la mesure déterminée de ces côtés.

Nous allons rendre compte de toutes ces opérations dans les Problèmes suivans , avec toute la précision & la clarté qu'il nous sera possible ; bien entendu que nous supposons que tous ceux qui cherchent à s'instruire dans ces sortes de matieres , sont instruits ou doivent l'être des premières règles de l'Arithmétique , telles que l'addition , la soustraction , la multiplication & la division , & sur-tout de la règle de proportion , vulgairement appelée la *règle de trois* , qui forme , en quelque sorte , la base de la trigonométrie ou de la science des triangles.

Nous avons dit ci-devant que les angles se mesurent par leur sinus , & nous avons observé , en expliquant ce que c'est que

le sinus d'un angle, qu'on avoit divisé le sinus total, qui est le plus grand de tous, en dix millions de parties égales, & qu'on avoit dressé des tables qui expriment le nombre de ces mêmes parties; que les sinus tangentes & sécantes de chaque angle en renferment, à commencer depuis l'angle d'une minute de degré jusqu'à l'angle de 90 degrés, qui est l'angle droit, & dont le sinus est le sinus total; & cela afin d'éviter le nombre d'opérations qu'il faudroit faire pour trouver le rapport du sinus d'un angle à celui d'un autre plus grand ou plus petit; c'est pourquoi il est indispensable pour quelqu'un qui se destine au travail de la trigonométrie-pratique, d'être pourvu de ces tables qui se trouvent dans un grand nombre de Livres répandus dans le Public. Celles que nous estimons les plus courtes, & dont le détail des opérations nous a paru le plus simple & le plus à portée des commençans, sont la dernière édition de celles d'*Ulacq*, in-8°. édition de Francfort en 1748. Il est vrai que l'édition est en latin, mais l'explication que nous allons donner de ces mêmes opérations, y suppléera parfaitement pour ceux qui n'entendent pas cette langue.

Nous ajouterons aux observations précédentes, que quoique les tables des sinus nous épargnent beaucoup de travail pour avoir leur rapport entr'eux, elles ne nous dispensent pas de plusieurs opérations longues & ennuyeuses, lorsqu'il s'agit de la résolution d'un triangle quelconque; par exemple, dans le triangle ABC (*fig.* 23.) connoissant l'angle A de 105 degrés, l'angle B de 43, & le côté AB de 22 toises; on demande, 1^o. la valeur de l'angle C; 2^o. la valeur de la base BC; 3^o. celle du côté AC.

Pour résoudre cette question suivant les règles, je commence à chercher la valeur de l'angle C, ce qui, dans ce cas, est bientôt fait; car sachant que les trois angles ABC en valent deux droits, c'est-à-dire 180 degrés; j'ajoute la valeur des angles A & B 105 & 43, & j'ôte la somme 148 de 180, le restant, 32 degrés, sera la valeur de l'angle C.

Maintenant, pour avoir la valeur de la base BC, je dis, comme le sinus de l'angle C, 32 degrés que je cherche dans les tables, & qui est de 52991.93, est au côté AB 22 toises; ainsi le sinus de l'angle A, 105 degrés 96592.68 à un quatrième terme qui sera le côté de la base

BC, qui sera de 62 toises, où l'on voit, que pour parvenir à la connoissance de ce dernier terme, j'ai dû faire la règle de proportion en multipliant les deux termes moyens l'un par l'autre; savoir, le sinus de l'angle A 96592.58 par 22 toises du côté AB, & diviser le produit par le premier terme 52991.93 sinus de l'angle C, dont le quotient est la valeur de la base BC. Il me faudroit faire une pareille opération pour avoir le côté AC, en disant, comme le sinus de l'angle A à sa base BC, ainsi le sinus de l'angle B au côté AC, ce qui comme on voit engage dans des opérations de multiplications & de divisions, qui, outre la longueur du tems qu'elles exigent, exposent fort souvent à des erreurs toujours préjudiciables.

Pour éviter tous ces inconvéniens, le célèbre Neper, Gentilhomme Écossais, a imaginé une autre table, connue sous le nom de *Table de Logarithmes*, qui, outre plusieurs autres utilités, renferme le précieux avantage de pouvoir par son moyen faire, par la simple addition & soustraction, toutes les multiplications, divisions & règles de proportion possibles.

Il seroit trop long de rendre compte

ici des principes sur lesquels cette excellente table est fondée, ainsi que du long & pénible travail qu'elle exige pour sa construction ; nous nous contenterons d'en expliquer l'usage, ce qui suffira pour résoudre tous les problèmes qui se présenteront dans cet ouvrage.

La table des Logarithmes est composée de deux colonnes, comme on voit dans l'exemple qui suit : la première, marque la suite des nombres naturels, depuis l'unité jusqu'à 10000 ; la seconde est composée de nombres artificiels, qui sont les Logarithmes des nombres naturels qui leur correspondent. On pourroit prolonger cette table jusqu'à tel nombre qu'on jugeroit à propos, mais dans la plupart des tables qui sont imprimées, elle ne va que depuis l'unité jusqu'à dix mille.



Figure

*Figure de la Table des Logarithmes,
depuis l'unité jusqu'à 10.*

N ou nombres.	Logarithmes.
1	0 . 0000000
2	0 . 3010300
3	0 . 4771212
4	0 . 6020600
5	0 . 6989700
6	0 . 7781512
7	0 . 8450980
8	0 . 9030900
9	0 . 9542424
10	1 . 0000000

Usage de la table des Logarithmes.

POUR LA MULTIPLICATION.

Pour multiplier un nombre quelconque par un autre, par exemple 2 par 4, ajoutez ensemble les Logarithmes des nombres proposés comme ici de deux &c

F

de quatre ; en cette manière la somme
sera le logarithme du produit :

E X E M P L E.

Log. 2	0.3010300
Log. 4	0.6020600
Log. 8	<u>0.9030900</u>

POUR LA DIVISION.

Pour diviser un nombre quelconque
par un autre , par exemple 6 par 3 , souf-
trayez le logarithme du diviseur du lo-
garithme du dividende ; le reste sera le
logarithme du quotient, comme on voit
dans cet exemple.

Log. divid. . 6	0.7781512
Log. divis. . 3	0.4771212
Log. quot. . 2	<u>3010300</u>

Pour extraire la racine quarrée d'un
nombre quelconque , prenez la moitié
du logarithme du nombre proposé, qui
sera le logarithme de sa racine quarrée ;
& pour en extraire la racine cubique ,
prenez le tiers de son logarithme , qui
sera le logarithme de cette racine.

POUR LA REGLE DE PROPORTION.

Cette règle consiste à trouver une quatrième proportionnelle à trois quantités données ; supposons que les trois quantités données soient $3 : 6 :: 4$. Il s'agit de trouver un quatrième nombre , avec lequel le nombre quatre soit dans la même proportion que trois est à six.

Cette règle qu'on appelle aussi *règle de trois*, s'énonce de différentes manières dans le courant des affaires ; on dit communément si 3 donne 6 , combien donnera 4 ; les Géomètres s'énoncent de cette manière, $3:6::4:x$, ce qui signifie 3 est à 6 comme 4 est à x , qui est le quatrième terme de la proportion dont il faut chercher la valeur ; pour connoître cette valeur , suivant la méthode ordinaire , on multiplie les deux termes moyens 6 par 4 , & l'on divise le produit par le premier terme 3 , & le quotient donne la valeur de x ou le quatrième terme de la proportion ; lorsque tous ces termes sont composés de plusieurs chiffres , les multiplications & divisions deviennent longues & embarrassantes ; pour éviter cet embarras , on se sert de la table des logarithmes de la manière suivante ; on commence par

établir la proportion , comme ici $3 : 6 :: 4 : x$, ensuite on prend les logarithmes des termes moyens 6 & 4 dans la table , on les ajoute ensemble , & on ôte de leur somme le logarithme du premier terme 3 , & le restant est le logarithme du quatrième terme ou de la valeur de x , qu'on cherche dans les tables.

E X E M P L E.

Logarith. . . 6	0.7781512
Log. 4	0.6020600
<hr/>	
Somme	1.3802112
Log. 3	0.4771212
<hr/>	
Log. . . $x = 8$	0.9030900

En cherchant ce dernier nombre dans la table , je vois qu'il est le logarithme du nombre 8 qui est la valeur de x & le quatrième terme proportionnel.

On remarquera que , dans la table des logarithmes, le premier chiffre de chaque logarithme , est séparé du reste de la somme par un point ; on appelle ce premier chiffre *caractéristique* , il sert à faire connoître le nombre des chiffres plus un , que contient le nombre dont le caractère est le premier terme du logarithme.

me, ce qui facilite la recherche des nombres correspondans dans la table; comme c'est principalement dans le calcul des triangles que la table des logarithmes est d'une grande commodité, on a calculé les logarithmes de tous les sinus, tangentes & sécantes, des degrés & minutes de chaque angle, depuis une minute jusqu'à quatre-vingt-dix degrés qui est l'angle droit, & on a placé dans la table des sinus ces logarithmes à côté de chaque sinus, tangentes & sécantes, auxquels ils correspondent; ainsi lorsqu'il est question de résoudre un triangle, au lieu d'opérer sur les sinus, tangentes & sécantes, on se sert de leurs logarithmes, ce qui facilite & abrège considérablement le travail; mais, dans ces cas, il faut se servir également des logarithmes des nombres qui expriment les mesures des côtés des angles.

Nous observerons ici que lorsqu'on a un angle plus grand que l'angle droit ou de 90 degrés, par exemple de 120 degrés, on ne trouve point cet angle dans la table des sinus, & qu'alors il faut chercher le sinus de son angle de supplément, qui est le même comme nous l'avons observé; ainsi pour avoir le sinus d'un angle de 120 degrés, il faut cher-

cher le sinus de l'angle de soixante degrés qui est son angle de supplément, puisque 120 & 60 valent 180 degrés ou la demi-circonférence ; ainsi pour avoir le supplément d'un angle quelconque, il n'y a qu'à retrancher sa valeur de la demi-circonférence ou de 180, le restant sera la valeur de l'angle de supplément ; pour avoir l'angle de supplément d'un angle de 135 degrés 25 minutes, je retranche cette valeur de 180 degrés, le restant 44 degrés 35 min. est l'angle de supplément. Tout ce que nous avons dit, touchant les tables des sinus & des logarithmes, suffit pour être en état d'en faire usage dans tout ce que nous aurons à proposer dans la suite.



CHAPITRE III.

Résolution des Triangles Rectangles.

PROBLEME I.

Les deux côtés d'un triangle rectangle étant donnés, trouver les angles aigus.

SOLUTION.

Soit le triangle rectangle ABC (*fig. 24,*

pl. IV.) dont le côté AB soit de 600 toises, & le côté CB de 1100 toises, l'angle droit B, il s'agit de trouver les angles aigus A & C; pour cet effet je fais l'analogie suivante.

Comme le logarithme du côté BC
1100 toises.

Au logarithme du côté AB 600 toises.

Ainsi le logarithme du sinus total.

Au logarithme de la tangente de l'angle C.

O P E R A T I O N.

Log. . . 600 toises . .	2.7781512	} Termes moyens à ajouter.
Log. Sinus total . . .	10.0000000	
	<hr/>	
	12.7781512	Somme de l'addition.
Log. 1100	3.0413927	Log. du pr. terme à soust.
Log. Tang. 28 d. 36 m.	9.7367585	Restant Log. de la tangente de l'angle C.

L'opération étant faite, comme on vient de voir, je cherche dans la table des sinus, de la colonne des logarithmes des tangentes, le nombre trouvé 97367585, & je trouve qu'il répond à un angle de vingt-huit degrés 36 minutes à-peu-près: donc l'angle cherché C, est de cette valeur.

Nota. Si au lieu de l'angle C on avoit

voulu avoir l'angle A, il auroit fallu mettre le logarithme du côté A B, pour premier terme de la progression ; parce qu'il faut toujours se rappeler que le côté qui est opposé à l'angle qu'on cherche, doit être le second terme de l'analogie.

Maintenant, pour avoir l'angle A, je fais que les trois angles en valent deux droits. J'ai deux de ces angles connus, savoir, l'angle droit B qui vaut 90 degrés, & l'angle C qui vaut 28 degrés 36 min. Leur somme est 118 degrés 36 minutes que j'ôte de 180 degrés ; le restant, 61 degrés 24 minutes, sera la valeur de l'angle A. C. Q. F. F.

Nous ne donnerons que ce seul exemple d'opérations, ce qui nous paroît suffisant dans les problèmes suivans ; nous nous contenterons de donner simplement les différentes analogies qu'exigent leurs solutions.

PROBLEME II.

Connoissant les deux côtés d'un triangle rectangle, & l'angle droit qu'ils comprennent, trouver l'hypoténuse.

SOLUTION.

Soit ABC (*même fig. 24.*) le triangle rectangle dont on connoît ci-devant le côté AB de 600 toises, le côté BC de 1100 toises, & l'angle droit B; il s'agit de trouver l'hypoténuse ou côté CA.

Pour cet effet, commencez par trouver par le problème précédent la valeur d'un des angles aigus comme A, ensuite faites l'analogie suivante.

Comme le logarithme du sinus de l'angle A,

Au logarithme du côté BC;

Ainsi le logarithme du sinus total,

Au logarithme de l'hypoténuse AC.

PROBLEME. III.

Dans tout triangle rectangle, l'hypoténuse & les angles aigus étant connus, trouver ses deux autres côtés.

SOLUTION.

Soit dans le triangle rectangle ABC (*fig. 24.*) l'hypoténuse AC & les angles A & C connus, trouver la valeur des deux côtés BA, BC.

Premièrement pour le côté BA , faites cette analogie.

Comme le logarithme du sinus total ,
 Au logarithme de l'hypoténuse AC ;
 Ainsi le logarithme de l'angle C ,
 Au logarithme du côté AB.

Ensuite pour le côté BC , dites :

Comme le logarithme du sinus total ,
 Au logarithme de l'hypoténuse AC ;
 Ainsi le logarithme du sinus de l'angle A ,
 Au logarithme du côté BC.

PROBLEME IV.

L'hypoténuse & un côté d'un triangle rectangle étant donnés , trouver les angles aigus.

SOLUTION.

Dans le triangle rectangle ACB (fig. 24.)
 l'hypoténuse AC & le côté AB étant connus , on demande la valeur des angles A & C.

Pour la trouver , faites cette analogie.

Comme le logarithme de l'hypoténuse
 Est au logarithme du sinus total ;

Ainsi le logarithme du côté AB,
 Au logarithme du sinus de l'angle C.

*Maintenant pour avoir la valeur de
 l'angle A.*

Ajoutez l'angle droit ou 90 degrés à la
 valeur de l'angle trouvé C ; retranchez
 leur somme de 180 degrés , le restant
 sera la valeur de l'angle A.

*Les Solutions de ces quatre Problèmes
 renferment tous les cas où il s'agit de
 trouver une inconnue quelconque dans un
 triangle rectangle.*



CHAPITRE IV.

*De la résolution des triangles rectilignes
 obliques.*

ON appelle *triangle oblique* , tout
 triangle qui n'a point d'angle droit,
 tels sont les triangles qui ont un angle
 obtus , ou qui ont les trois angles aigus.

PROBLEME I.

*Connoissant les angles & un côté
 d'un triangle oblique , connoître les deux
 autres côtés.*

SOLUTION.

Supposons que dans le triangle oblique ABC, (*fig. 23.*) on connoisse les trois angles ABC, & le côté AB de 55 toises; on demande la valeur des côtés AC, BC.

Premièrement pour avoir la valeur de la base au côté BC, je fais l'analogie suivante.

Le logarithme sinus de l'angle C,
 Au logarithme du côté AB;
 Comme le logarithme du sinus de
 l'angle A,
 Au logarithme du côté BC.

*Ensuite, pour avoir le côté AC, je fais
 cette autre analogie.*

Comme le logarithme du sinus de
 l'angle A,
 Au logarithme de la base BC;
 Ainsi le logarithme sinus de l'angle B,
 Au logarithme du côté AC.

PROBLEME II.

*Connoissant deux côtés & un angle
 d'un triangle oblique, connoître les deux
 autres angles.*

SOLUTION.

Dans le triangle ABC , (*fig. 23.*) on connoît la valeur des côtés AB , AC , & l'angle B : on demande la valeur des deux angles A & C ; pour la trouver, je dis :

Comme le logarithme du côté AC ,

Au logarithme du sinus de l'angle connu B ;

Ainsi le logarithme du côté AB .

Au logarithme du sinus de l'angle C .

Pour avoir la valeur de l'angle A , j'ajoute la valeur des deux angles B & C , & je retranche leur somme de 180 degrés, le restant est la valeur de l'angle A .

Par exemple : supposons que l'angle B est de 22 degrés, & l'angle C de 44 degrés ; j'ajoute ces deux valeurs, leur somme est de 66 degrés, que je retranche de 180 , le restant est de 114 degrés, qui est la valeur de l'angle obtus A .

SCHOLIE ou OBSERVATION.

Si dans les problèmes ci-dessus, au lieu de supposer les deux côtés AB & AC comme connus, nous eussions pris les côtés connus AB . BC & l'angle connu

C ; & si pour connoître l'angle A nous eussions fait , suivant la règle , l'analogie suivante.

Comme le logarithme du côté A B ,
Au logarithme du sinus de l'angle C ;
Ainsi le logarithme du côté B C ,
Au logarithme du sinus de l'angle A.

Il pourroit arriver qu'en cherchant dans les tables à quel angle répond le logarithme du dernier terme de la progression , on prît un angle aigu pour son angle de supplément ; car en supposant , comme nous avons fait , l'angle A de 114 degrés , le dernier terme de la progression se trouveroit 9.9607302 , & en cherchant ce nombre dans la table des sinus , on trouveroit qu'il répond à l'angle de 66 degrés , ce qui seroit exact si l'angle A étoit aigu ; mais comme ici l'angle est obtus , ce sinus ne répond point à l'angle aigu de 66 degrés , mais à l'angle de son supplément qui est de 114 ; c'est pourquoi , dans cette opération , il faut toujours prendre garde si l'angle cherché est obtus ou aigu.

Il peut arriver qu'en opérant sur le terrain , il se trouve des obstacles qui empêchent de connoître si cet angle cherché est aigu ou obtus , dans ce cas il faut

chercher les deux autres angles par les méthodes que nous indiquons ici , & ajouter leur valeur ensemble.

Si leur somme excède quatre-vingt-dix degrés, l'angle cherché sera aigu ; mais si cette somme est au dessous de quatre-vingt-dix degrés, ce sera un angle obtus ; & dans ce cas le quatrième terme proportionnel , trouvé par la règle de proportion , n'appartient point à l'angle auquel il répond dans les tables , mais à son supplément.

PROBLEME III.

Deux côtés d'un triangle oblique étant connus, ainsi que l'angle qu'ils renferment entr'eux , trouver la valeur des deux autres angles.

SOLUTION.

Dans le triangle ABC les deux côtés AB. BC & l'angle B qu'ils renferment étant connus , on demande la valeur des deux autres angles A & C (*fig. 23.*)

Comme la solution de ce problème pourroit embarrasser les commençans , nous en ferons ici l'opération toute entière, afin de leur en donner un exemple. Les mêmes raisons nous engagent d'en fai-

reautant pour la solution du Problème IV; pour cet effet, supposons que le côté AB est de 56 toises, & le côté BC de 92 toises, & enfin l'angle compris B de 52 degrés, il s'agit, 1°. de trouver la valeur de l'angle A; 2°. la valeur de l'angle C; pour cet effet, je suis obligé de faire les opérations suivantes.

1°. Je retranche l'angle B, 52 degrés de 180, & le restant me donne la valeur des deux angles A & C, qui est de 128 degrés, dont la moitié est 64.

2°. J'ajoute ensemble la valeur des deux côtés AB. BC, c'est-à-dire 56 & 92, pour avoir leur somme qui est 148 toises.

3°. Je retranche le petit côté AB, 56 du grand côté BC, 92 pour avoir leur différence qui est de 36.

4°. Je prends la moitié de cette différence, qui est de 18.

5°. Ces quatre premières opérations faites, je fais l'analogie suivante.

Comme le logarithme de la somme des deux côtés 148,

Au logarithme de leur différence 36;

Ainsi le logarithme de la tangente de la moitié de la valeur des angles cherchés 64,

Au

Au logarithme de la tangente de la moitié de leur différence.

Je cherche tous ces logarithmes que je dispose comme il suit ; puis j'ajoute les logarithmes des 2 & 3 termes de la proportion ; j'ôte de leur somme le logarithme du premier terme , & le restant me donnera le logarithme du nombre que je cherche.

Log. de la somme des deux

côtés AB, BC . . . 148 . . 2.1702617

Log. de leur différence. . . 36 . . 1.5563025

Log. tangente de la moitié de

la somme des angles cherchés 64 . . 10.3118182

Somme des log. des termes moyens 11.8681207

D'où je soustrais le log. du 1 terme 2.1702617

Reste le logari. de la tangente de la

moitié de la différence des deux

angles 26 degres 30 min. . . 9.6978590

6°. Je cherche le nombre restant 9.6978590 dans la table des sinus , à la colonne des tangentes , & je trouve qu'il répond à 26 degrés 30 minutes : comme ce n'est que la moitié de la différence entre l'angle A & l'angle C, leur différence totale est de 53 degrés. Je fais

G

donc que l'angle A , qui est appuyé sur le plus grand côté BC , est plus grand que l'angle C de 53 degrés.

Maintenant , pour avoir la valeur de chacun de ces angles , j'ajoute d'une part à la moitié de leur somme , qui est 64 , la moitié de cette différence 26 degrés 30 minutes , ce qui me donne 90 degrés 30 minutes pour l'angle A ; & d'autre part j'ôte 26 degrés 30 minutes de 64 : il me reste 37 degrés 30 minutes pour l'angle C. C. Q. F. F.

PROBLEME IV.

Les trois côtés d'un triangle oblique étant donnés, trouver les trois angles.

SOLUTION.

Soit ABC, (*fig. 23.*) le triangle oblique dont nous supposons le côté AB de 50 toises, le côté AC de 70 toises, & enfin le côté ou la base BC de 110 toises ; il s'agit de trouver la valeur des trois angles ABC.

Pour résoudre ce Problème , il faut diviser la base BC en un point quelconque E, tel que la différence du segment

CE, soit à la différence des côtés AB AC, comme la base BC est à la somme de ces deux côtés : or le côté AB étant de 50 toises, & le côté AC de 70, leur somme est 120, & leur différence est 20. Cela posé, je fais l'analogie suivante.

Comme le logarithme de la base 110,
Est au logarithme de la somme des deux
autres côtés 120;

Ainsi le logarithme de leur différen-
ce 20,

Au logarithme de la différence des seg-
mens de la base BE, EC.

Je dis donc :

Log.	. . 110	. . .	2.0413927
Log.	. . 120	. . .	2.0791812
Log.	. . 20	. . .	1.3010300
Somme des Log. moyens			3.3802112
Log. de 110 à ôter	. .		2.0413927
Log. de la diff. des seg. 22	. .		1.3388185

Je cherche ce logarithme dans la table,
& je trouve que la différence des seg-
mens CE, EB de la base BC, est 22,
à-peu-près: je divise la base 110 par moi-

tié, ce qui me donne 55 ; j'ajoute à 55 la moitié de la différence 11, ce qui me donne 66 pour le grand segment BE ; j'ôte 11 de 55, & il me reste pour le petit segment 44.

Ensuite, du point A j'abaisse la perpendiculaire AD, qui divisera en deux parties égales le segment BE, 66 ; & par conséquent les segmens BD & DE feront chacun de 33 ; j'aurai alors le triangle rectangle ADB, dont je connois deux côtés & l'angle droit ; savoir, le côté donné BA de 50 toises, & le côté BD trouvé de 33 : je fais la résolution de ce triangle rectangle, en disant :

Comme le log. de l'hypoté-

nuse BA . . . 50 . . . 1.6989700

Au sinus total. . . . 10.0000000

Ainsi le log. du côt. BD. 1.51851139

Au log. du sinus de

l'angle BAD 41. 18. 11.51851139

1.6989700

9.8195439

Je cherche ce dernier nombre dans la table des sinus, & je trouvé qu'il répond

à 41 degrés 18 minutes, valeur de l'angle BAD; j'ôte cet angle & l'angle droit de 180; il me reste 48 degrés 42 minutes pour la valeur de l'angle B; ensuite, pour avoir l'angle C, je dis :

Comme le log. du côté
donné AC 70 toises . . . 1.8450980

Au log. du sinus de l'angle
B 48 deg. 42 min. . . . 9.8757927

Ainsi le log. du côté donné
AB 50 toises. 1.6989700

Au log. du sinus de l'an-
gle C. 11.5747627
1.8450980

9.7296647

Je cherche ce dernier nombre dans la table de sinus, & je trouve qu'il répond à 32 degrés 27 minutes, qui est la valeur de l'angle C.

Enfin, pour connoître la valeur de l'angle A, j'ôte la somme des deux angles trouvés BC, c'est-à-dire 48 degrés 42 minutes, & 32 degrés 27 minutes = 81 deg. 9 min.; j'ôte, dis-je, cette

somme de 180 deg., il me reste 98 deg. 51 min. pour l'angle obtus A.

Ainsi dans le triangle proposé, l'angle A est de 98 deg. 51 min., l'angle B. est de 48 deg. 42. min., & l'angle C est de 32 deg. 27 min. *C. Q. F. F.*

Nous observerons ici, que dans la table des sinus on trouve les logarithmes des degrés & des minutes de chaque degré, ce qui suffit pour la précision qu'exigent les opérations de Géométrie Souterraine. Mais il n'en est pas de même de la table des logarithmes ; cette table ne donne que les logarithmes des nombres entiers ; & dans les mesures linéaires, il arrive presque toujours, qu'il s'y trouve des fractions qui ne sont pas dans cette table. Supposons, par exemple, qu'il faille trouver le logarithme d'un côté de triangle de 43 toises 5 pieds 10 pouces, ou de telle autre fraction que ce puisse être ; on ne trouvera pas ce logarithme dans la table, ce qui ne manqueroit pas d'embarrasser ceux qui ne sont pas prévenus de la manière de s'y prendre.

En pareil cas, il faut réduire les entiers au terme de la dernière fraction ; par exemple, pour avoir le logarithme

de 43 toises 5 pieds 10 pouces, il faut d'abord réduire les 43 toises en pieds, ce qui donnera 258 pieds ; & ajouter à ce produit les cinq pieds, ce qui donnera 263 pieds qu'il faut réduire en pouces, dont le produit sera de 3168 pouces, auquel il faut ajouter les 10 pouces de la dernière fraction, ce qui fera 3178 pouces, qui est un nombre sans fractions & qui est équivalent à 43 toises 5 pieds 10 pouces, dont on trouvera le logarithme dans la table : or il est évident qu'en opérant sur ce nombre de pouces ou fractions, c'est comme si on opéroit sur leur entier, sauf, après l'opération, à réduire ces fractions en leurs entiers.

Mais alors il faut toujours se rappeler que dans une règle de proportion, il faut réduire le second terme à la même fraction que le premier ; par exemple, soit la règle de proportion suivante,

43 toises 5 pieds 10 pouces sont à 25 toises 2 pieds, comme 32 toises 3 pieds à un quatrième terme.

Il est alors indispensable de réduire le second terme 25 toises 2 pieds au même dénominateur que le premier, c'est-à-dire en pouces, quoiqu'il ne s'en trouve pas dans ce second terme.

A l'égard du troisieme terme, il suffit de le réduire en pouces pour avoir son logarithme : car on peut très-bien dire ,
 $3178 \text{ pouces} = \text{à } 43 \text{ toises } 5 \text{ pieds } 10 \text{ pouces}$, font à $1824 \text{ pouces} = \text{à } 25 \text{ toises } 2 \text{ pieds}$, comme $195 \text{ pieds} = 32 \text{ toises } 3 \text{ pieds}$ à un quatrieme terme , & alors la proportion précédente se change en celle-ci $3178 : 1824 :: 195 : x$ dont tous les nombres sont entiers & se trouvent dans la table des Logarithmes. Il faut seulement avoir soin pour lors de réduire le dernier terme en ses entiers , pour avoir son expression en termes moins compliqués ; & afin de mettre cette observation dans tout son jour & faire disparaître toute difficulté concernant ces fractions, nous ferons ici l'opération toute entiere. Soit, comme dessus ,

$43 \text{ toises } 5 \text{ pieds } 10 \text{ pouces} : 25 \text{ toises } 2 \text{ pieds} :: 32 \text{ toises } 3 \text{ pieds} : x$ quatrieme terme. Après avoir réduit les deux premiers termes en pouces ou au même dénominateur , je réduis le troisieme terme en pieds, parce qu'il n'y a point de pouces ; & j'ai alors la proportion ci-dessus, comme $3178 : 1824 :: 195 : x$; ensuite je dis :

Comme le Logarithme de . 3178 . . . 3.5005109

Au Logarithme de 1824 . . . 3.2610248

Ainsi le Logarithme de . . 195 . . . 2.2900346

Au Logarithme de 112 . . . 5.5510594
 ci 3.5005109

2.0505485

Je cherche ce dernier nombre dans la table des logarithmes, & je trouve qu'il répond au nombre de 112 à-peu-près, qui, dans la réduction, représenteront 112 pieds; je les réduis alors en toises, & je trouve 18 toises 4 pieds; ainsi on a 43 toises 5 pieds 10 pouces; 25 toises 2 pieds 2 pouces :: 32 toises 3 pieds : 18 toises 5 pieds.

Il peut arriver qu'on soit obligé d'opérer sur des nombres qui n'ont point de mesure déterminée, comme dans cette proportion $6 \frac{1}{2} : 15 \frac{7}{12} :: 8 \frac{3}{4} : x$. Pour lors il faut réduire les entiers aux dénominateurs des fractions, ce qui se fait en multipliant les entiers par les dénominateurs;

par exemple , dans la progression ci-dessus , je multiplie 6 par 12 , & j'ai $\frac{72}{12}$ auxquelles j'ajoute $\frac{1}{12}$, ce qui fait $\frac{77}{12}$: j'en fais autant sur le second terme $15 \frac{7}{12}$, ce qui me donne $\frac{187}{12}$: je fais la même opération pour le troisieme terme , & comme la fraction de ce dernier terme est des cinquiemes , je multiplie 3 par 8 , ce qui me donne $\frac{24}{8}$ auxquelles j'ajoute les $\frac{3}{8}$ de la fraction , & j'ai $\frac{43}{8}$; ainsi la proportion ci-dessus se réduit à celle-ci qui lui est égale $\frac{77}{12} : \frac{187}{12} :: \frac{43}{8} : x$ & dans laquelle il n'y a que des nombres entiers ; & on cherche le quatrieme terme , comme nous avons fait ci-devant , en observant que le nombre qu'on trouve par le logarithme du quatrieme terme , est toujours le numérateur d'une fraction semblable à celle du troisieme terme , comme on voit dans l'opération suivante :

Log. . . .	77	1.8864907
Log. . . .	187	2.2718416
Log. . . .	$\frac{43}{8}$	1.6334685

Somme.	3.9053101
		1.8864907

$$\text{Log. } x = \frac{104}{5} 2.0188194$$

Lorsque les dénominateurs des fractions des deux premiers termes sont de même nature , comme $\frac{5}{3} : \frac{8}{7} :: 12 \frac{2}{3} : x$, &c. il suffit de réduire les entiers en une fraction qui ait le même dénominateur ; mais il peut arriver que les deux premiers termes n'aient pas la même fraction , comme dans cette progression $5 \frac{2}{3} : 8 \frac{1}{7} :: 12 \frac{2}{3} : x$, où l'on voit que les fractions des deux premiers termes ne sont pas les mêmes ; dans ce cas , il faut réduire les fractions des deux premiers termes au même dénominateur , ce qui se fait de cette manière : il faut multiplier les deux termes de la première par le dénominateur de la seconde , ce qui donnera la première fraction ; ensuite multiplier les deux termes de la seconde par le dénominateur de la première , ce qui donnera la seconde fraction ; par exemple , dans le cas présent , $5 \frac{2}{3} : 8 \frac{1}{7} :: 12 \frac{2}{3} : x$ pour réduire les deux fractions $\frac{2}{3}$ & $\frac{1}{7}$ au même dénominateur ; je multiplie d'abord 3 par 7 , & j'ai 21 que j'écris , $\frac{2}{3}$; ensuite je multiplie 9 par 7 , ce qui fait 63 que j'écris au dessous de 21 ci-dessus ; ensuite je multiplie 5 par 9 , qui valent 45 que j'écris , $\frac{2}{3}$; puis je multiplie 7 par 9 , ce qui me donnera 63 que j'écris

deffous 45 , & pour lors les deux fractions se réduisent à celles-ci qui leur sont égales $\frac{21}{23}$ & $\frac{8}{23}$: il faut ensuite réduire les entiers aux mêmes dénominateurs, comme nous l'avons dit précédemment, c'est-à-dire ici, en multipliant 63 par 5, & ajouter au produit le numérateur 21, ce qui donnera $\frac{336}{23}$; & multipliant de même le second terme 8 par 63, & ajoutant au produit le numérateur 45, on a $\frac{549}{23}$; puis le troisieme 12 par le dénominateur de sa fraction 6, & ajoutant au produit le numérateur 4, on a $\frac{76}{6}$; & de cette maniere on a, au lieu de la proportion fractionnaire ci-dessus, celle-ci qui lui est égale, 336 : 549 :: 76 : x, en observant que les nombres qu'on trouve par le logarithme de x représentent des fractions semblables à celles du troisieme terme.

Enfin nous ajouterons aux observations précédentes, que si le dénominateur de la fraction du troisieme terme de la proportion, est le même que celui de la fraction du premier terme, il n'est pas nécessaire de réduire les fractions des deux premiers termes au même dénominateur; par exemple, dans la proportion suivante $3\frac{1}{2} : 6\frac{1}{2} :: 4\frac{1}{2} : x$, il est évident qu'ayant réduit chacun des entiers au dé-

nominateur de leurs fractions , on aura cette autre proportion, $\frac{17}{7} : \frac{12}{8} :: \frac{23}{3} : \frac{x}{8}$; & dans ce cas le Logarithme de x indiquera la valeur du numérateur du quatrieme terme qui sera des huitiemes, c'est-à-dire que le dénominateur du dernier terme sera le même que celui du second.



CHAPITRE V.

Seconde méthode pour la résolution des triangles rectangles.

IL est rare que dans la Géométrie Souterraine on ait d'autres triangles à résoudre, que des triangles rectangles, ou qui ont un angle droit; & comme on n'a pas toujours à sa portée des tables des sinus, nous joignons ici une table au moyen de laquelle on peut résoudre ces sortes de triangles avec beaucoup de facilité, en connoissant l'hypoténuse & un des angles aigus.

Soit la montagne AB (*fig. 25.*) dont on desire connaître la hauteur perpendiculaire BC & la longueur de sa base, depuis A jusqu'à C; il faut d'abord mesurer l'hypoténuse AB, c'est-à-dire le côteau AB de la montagne, par les méthodes que

nous expliquerons dans la suite, & prendre l'angle que la ligne AB fait avec l'horizontale AC. Lorsqu'on connoît le nombre de toises que contient cette ligne AB, on multiplie ce nombre par 100, parce que dans cette table on suppose la toise divisée en 100 parties, en ajoutant deux zero au nombre trouvé; par exemple, supposons qu'après avoir mesuré la longueur du côteau A, vous l'avez trouvé de 582 toises trois pieds; vous ajoutez d'abord deux 0 à 582, pour avoir 58200, ensuite trois pieds, faisant la moitié de la toise, valant 50, que vous ajoutez à 58200, qui donnera 58250 centiemes de toises pour le côté AC; si au lieu de 3 pieds vous en aviez trouvé 5, ce seroit alors cinq fixiemes de 100, ou près de 81, que vous ajouteriez à 58200, pour avoir 58281, & ainsi des autres; & c'est toujours d'après le nombre de toises que contient l'hypoténuse réduites en centiemes, qu'on trouvera dans la table suivante la valeur des lignes AC, BC suivant la grandeur de l'angle A, parce que la table suivante a été calculée pour tous les degrés de quinze en quinze minutes que peut avoir cet angle.

Cette table contient trois colonnes.

La premiere marque les degrés & les minutes de 15 en 15 ; & au lieu d'écrire , par exemple , 20 degrés 15 minutes , 30 minutes , 45 minutes , on a écrit simplement 1 degré $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{4}$ qui expriment la même valeur. La seconde colonne marque le nombre de centiemes de toises que contient la perpendiculaire BC , sous l'angle qui est à côté. La troisieme colonne marque le nombre de centiemes de toises que contient l'horizontale AC , sous le même angle.

Voici la maniere de se servir de cette table. Supposons , comme ci-dessus , qu'on desire savoir la hauteur verticale de la montagne AB , ou la ligne BC , ainsi que sa base , depuis A jusqu'à C : il faut d'abord observer qu'il est rare que le côteau d'une montagne un peu considerable soit assez uni pour pouvoir le mesurer sous un même angle & d'une seule station. Il faut donc s'y prendre à différentes reprises ; pour cet effet , commencez par prendre l'angle A , que nous supposerons ici de 22 degrés $\frac{1}{2}$; écrivez sur votre papier la valeur de cet angle ; ensuite mesurez , avec votre chaîne , la longueur AD , que nous supposons de 35 toises 1 pied 6 pouces ; réduisez tout

cela en centiemes de toises, 1^o. en ajoutant deux zero à 35, ce qui fait 3500; puis, observant qu'un pied fix pouces font le quart de la toise, vous prenez à leur place le quart de cent, qui est 25, vous les ajoutez à 3500, & vous avez, pour la longueur du côté AD, 3525 que vous notez également sur le papier, à côté de l'angle noté.

Puis faites la même opération au point D & prenez l'angle D que nous supposons de 34 degrés $\frac{3}{4}$ = 45 minutes; mesurez ensuite la longueur DE que nous supposerons de 83 toises 5 pieds, que vous réduirez en centiemes de toises, comme ci-dessus, & vous aurez 8384 centiemes de toises.

Faites la même opération sur FB que nous supposerons de 95 toises, & l'angle F de 43 degrés $\frac{1}{4}$, que vous noterez comme ci-dessus, & ainsi de toutes les autres stations, quelque nombre que vous en ayez à faire pour parvenir au sommet de la montagne. Maintenant, pour avoir la hauteur totale BC de la montagne, & la valeur de la partie de sa base AC, vous commencerez par calculer la valeur du triangle ADE.

L'angle A, par la supposition, est de

SOUTERRAINE. 113

22 degrés $\frac{1}{2}$ cherchés dans la table 22 degrés $\frac{1}{2}$; vous trouverez à côté pour la perpendiculaire DE 3827, & pour la ligne horifontale AE 9239.

Vous avez, par la supposition, le côté AD de 3525, commencez par multiplier le côté DE 3827 par le côté AD 3525 de cette maniere :

$$\begin{array}{r}
 3827 \\
 3525 \\
 \hline
 19135 \\
 7654 \\
 19135 \\
 11481 \\
 \hline
 1349 \mid 0175
 \end{array}$$

Retranchez les quatre dernieres figures, il vous restera 1349 $\frac{1}{100}$ en divisant ce nombre par 100, qui est la valeur d'une toise, on aura 13 $\frac{49}{100}$, c'est-à-dire 13 toises 3 pieds $\frac{3}{10}$ ou a très-peu de chose près, 13 toises 5 pieds 9 pouces pour la hauteur DE.

Ensuite, pour avoir la base AE, multipliez de même 9239, trouvez dans la table sur la ligne de l'angle 22 $\frac{1}{2}$ degrés par le côté 3525 comme il suit.

H

$$\begin{array}{r}
 9239 \\
 3525 \\
 \hline
 46395 \\
 18478 \\
 46195 \\
 27717 \\
 \hline
 3256 \mid 7475
 \end{array}$$

Retranchez comme dessus les quatre dernières figures, il vous restera 3256 $\frac{74}{100}$ qu'il faut diviser par 100, pour avoir la valeur en toises, ce qui vous donnera 32 toises trois pieds quatre pouces pour valeur, de la base AE. Je fais la même opération sur le triangle DFG, donc le côté DE est supposé de 83 toises 5 pieds qui, réduits en centièmes de toises, valent 8384, & l'angle D 34 d. $\frac{3}{4}$. Je cherche dans la table les nombres qui y correspondent, & je trouve 5700 pour la perpendiculaire, & 8216 pour l'horizontale : je multiplie ces deux nombres par 8384, valeur du côté DF, & j'ai pour le côté FG, 4778 $\frac{88}{100}$ qui valent 47 toises 4 pieds 7 pouces $\frac{1}{2}$, & pour la ligne horizontale DG j'ai 6888 = 68 toises 5 pieds 0 pouces (on néglige 7 lignes qu'il y a de plus.)

Je passe enfin au calcul du triangle FBH dont le côté supposé de 95 toises = 9500 & l'angle F de 43 d. $\frac{1}{2}$. Je cherche dans la table, vis-à-vis de ce degré, les nombres correspondans pour la perpendiculaire BH, & pour l'horizontale FH, & je trouve 6852 & 7284; je multiplie ces deux nombres par 9500, valeur du côté FB; & après avoir retranché les quatre derniers chiffres des produits, j'ai pour la perpendiculaire 6509 = 65 toises 0 pieds 9 pouces; & pour l'horizontale 6919 $\frac{80}{100}$ c'est-à-dire 69 toises un pied 1 pouce. Toutes ces opérations étant faites, j'additionne les hauteurs trouvées DE, FG, BH, dont la somme sera la hauteur totale BC; j'additionne également la valeur trouvée des horizontales AE, DG, FH, & la somme sera la longueur de la base AC.

EXEMPLE.

DE 13 toises 3 pieds. 0 pouces. 9 lignes.

FG 47 4 7 6

BH 65 0 9 0

126 2 5 3 val. de BC.

AE 32 3 4 0

DG 68 5 0 7

FH 69 1 1 10

170 3 6 5 val. de la
base AC.

Il faut observer qu'il est d'usage de retrancher les quatre dernières figures , parce qu'elles ne peuvent apporter aucune erreur sensible , lorsqu'on n'a qu'un triangle à resoudre , ou que l'on n'a qu'une station à faire ; mais lorsqu'il y a plusieurs stations , cette erreur peut être de quelques pouces sur la totalité.

Pour prévenir cette erreur , lorsqu'on a multiplié le nombre trouvé dans la table , par la valeur du côté connu , on ne fait pas la réduction du produit en toises , pour avoir la valeur du premier triangle ; mais on couche ces premiers produits sur le papier , de la maniere suivante ; par exemple , dans le calcul des triangles précédens , après avoir multiplié 3827 , nombre trouvé dans la table pour la perpendiculaire DE du premier triangle , & 9239 pour l'horizontale AE , par 2525 ; au lieu de retrancher les quatre dernières figures des deux produits 13490175 , & 32567475 , on les laisse ainsi dans leur entier , & l'on passe ensuite au calcul du second triangle DEG , en multipliant le nombre trouvé dans la table , pour la perpendiculaire FG 5700 , & 8216 pour l'horizontale DG , par 8384 , valeur de l'hypoténuse DE : les produits sont 47788800

& 68882944 qu'on laisse également dans leur entier, & l'on calcule ensuite le troisième triangle FBH. En cherchant dans la table le nombre 6852 pour la perpendiculaire BH, & 7284 pour l'horizontale FH, qui étant multipliés par 9500, valeur de l'hypoténuse FB, donnent les produits 65094000 & 69198000, & l'on continueroit de même s'il y avoit d'autres triangles ou stations.

Cela fait, on additionne les produits des perpendiculaires, ainsi que ceux des horizontales; & après avoir retranché de leurs sommes les quatre dernières figures, on en fait la réduction comme il suit :

perpendiculaires horizontales

Premier triangle	13490175	32567475
2 ^e . triangle	47788800	68882944
3 ^e . triangle	65094000	69198000
	<u>126372975</u>	<u>170648419</u>

Ce qui donne pour la valeur totale de la perpendiculaire ou hauteur verticale de la montagne BC 126 toises 2 pieds 3 pouces, & pour l'horizontale AC 170 toises 3 pieds 9 pouces, qui sont à-peu-près la même valeur que nous avons trouvée par la réduction des triangles particuliers, tel est l'usage de la table suivante,

H 3

*Table des Parties Centésimales , pour la
résolution des Triangles Rectangles.*

de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale.	de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale.
$\frac{3}{4}$	0044	9999	6	1045	9945
$\frac{1}{2}$	0087	9999		1089	9941
$\frac{3}{4}$	0131	9999	$\frac{1}{2}$	1132	9936
1	0175	9998		1175	9931
	0218	9998	7	1219	9925
$\frac{1}{2}$	0262	9997		1262	9920
	0305	9995	$\frac{1}{3}$	1305	9914
2	0349	9994		1349	9909
	0393	9992	8	1392	9903
$\frac{1}{2}$	0436	9990		1435	9897
	0480	9988	$\frac{1}{2}$	1478	9890
3	0523	9986		1521	9884
	0567	9984	9	1564	9877
$\frac{1}{2}$	0610	9981		1607	9870
	0654	9979	$\frac{1}{2}$	1650	9863
4	0698	9976		1693	9856
	0741	9973	10	1736	9848
$\frac{1}{2}$	0785	9969		1779	9840
	0828	9966	$\frac{1}{2}$	1822	9833
5	0872	9962		1865	9825
	0915	9958	11	1908	9816
$\frac{1}{2}$	0958	9954		1951	9808
	1002	9950	$\frac{1}{2}$	1994	9799

de- grés	perpen- diculaire	horison- tale	de- grés	perpen- diculaire	horison- tale
	2036	9790	$\frac{1}{2}$	3173	9483
12	2079	9781		3214	9469
	2122	9772	19	3256	9455
$\frac{1}{2}$	2164	9763		3297	9441
	2207	9753	$\frac{1}{2}$	3338	9426
13	2250	9744		3397	9412
	2292	9734	20	3420	9397
$\frac{1}{2}$	2334	9724		3461	9382
	2377	9713	$\frac{1}{2}$	3502	9367
14	2419	9703		3543	9351
	2462	9692	21	3584	9336
$\frac{1}{2}$	2504	9681		3624	9320
	2546	9670	$\frac{1}{2}$	3665	9304
15	2588	9659		3706	9288
$\frac{1}{4}$	2630	9648	22	3746	9272
$\frac{1}{2}$	2672	9636		3786	9255
$\frac{3}{4}$	2714	9625	$\frac{1}{2}$	3827	9239
16	2756	9613		3867	9222
	2798	9600	23	3907	9205
$\frac{1}{2}$	2840	9588		3947	9188
	2882	9576	$\frac{1}{2}$	3987	9171
17	2924	9563		4027	9153
	2965	9550	24	4067	9135
$\frac{1}{2}$	3007	9537		4107	9118
	3049	9524	$\frac{1}{2}$	4147	9100
18	3090	9511		4187	9081
	3132	9497	25	4226	9063

dé- grés	perpen- diculaire	horifon- tale	dé- grés	perpen- diculaire	horifon- tale
	4266	9045		5336	8457
$\frac{1}{2}$	4305	9026	$\frac{1}{2}$	5373	8434
	4344	9007		5410	8410
26	4384	8988	33	5446	8387
	4423	8969		5485	8363
$\frac{1}{2}$	4462	8949	$\frac{1}{2}$	5519	8339
	4501	8930		5556	8315
27	4540	8910	34	5592	8290
	4579	8890		5628	8266
$\frac{1}{2}$	4617	8870	$\frac{1}{2}$	5664	8241
	4656	8850		5700	8216
28	4695	8829	35	5736	8192
	4733	8809		5771	8166
$\frac{1}{2}$	4772	8788	$\frac{1}{2}$	5807	8141
	4810	8767		5843	8116
29	4848	8746	36	5878	8090
	4886	8725		5913	8064
$\frac{1}{2}$	4924	8704	$\frac{1}{2}$	5948	8039
	4962	8682		5983	8013
30	5000	8660	37	6018	7986
$\frac{1}{4}$	5038	8638		6053	7960
$\frac{1}{2}$	5075	8616	$\frac{1}{2}$	6088	7934
$\frac{3}{4}$	5113	8594		6122	7907
31	5150	8572	38	6157	7880
	5188	8549		6191	7853
$\frac{1}{2}$	5225	8526	$\frac{1}{2}$	6225	7826
	5262	8504		6259	7799
32	5299	8480	39	6293	7771

SOUTERRAINE.

121

de- grés	perpen- diculaire	horison- tale	de- grés	perpen- diculaire	horison- tale
	6327	7744		7224	6915
$\frac{1}{2}$	6361	7716	$\frac{1}{2}$	7254	6884
	6394	7688		7284	6852
40	6428	7660	47	7314	6820
	6461	7632		7343	6788
$\frac{1}{2}$	6494	7604	$\frac{1}{2}$	7373	6756
	6528	7576		7402	6724
41	6561	7547	48	7431	6691
	6593	7518		7461	6659
$\frac{1}{2}$	6626	7490	$\frac{1}{2}$	7490	6626
	6659	7461		7518	6593
42	6691	7431	49	7547	6561
	6724	7402		7576	6528
$\frac{1}{2}$	6756	7373	$\frac{1}{2}$	7604	6494
	6788	7343		7632	6461
43	6820	7314	50	7660	6428
	6852	7284		7688	6394
$\frac{1}{2}$	6884	7254	$\frac{1}{2}$	7716	6361
	6915	7224		7744	6327
44	6947	7193	51	7771	6293
	6978	7163		7799	6259
$\frac{1}{2}$	7009	7133	$\frac{1}{2}$	7826	6225
	7040	7102		7853	6191
45	7071	7071	52	7880	6157
$\frac{1}{4}$	7102	7040		7907	6122
$\frac{1}{2}$	7133	7009	$\frac{1}{2}$	7934	6088
$\frac{3}{4}$	7163	6978		7960	6053
46	7193	6947	53	7986	6018

de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale	de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale
	8013	5983	60	8660	5000
$\frac{1}{2}$	8039	5948	$\frac{1}{4}$	8682	4962
	8064	5913	$\frac{1}{2}$	8704	4924
54	8090	5878	$\frac{3}{4}$	8725	4886
	8116	5843	61	8746	4848
$\frac{1}{2}$	8141	5807		8767	4810
	8166	5771	$\frac{1}{2}$	8788	4772
55	8192	5736		8809	4733
	8216	5700	62	8829	4695
$\frac{1}{2}$	8241	5664		8850	4656
	8266	5628	$\frac{1}{2}$	8870	4617
56	8290	5592		8890	4579
	8315	5556	63	8910	4540
$\frac{1}{2}$	8339	5519		8930	4501
	8363	5483	$\frac{1}{2}$	8949	4462
57	8387	5446		8969	4423
	8410	5410	64	8988	4384
$\frac{1}{2}$	8434	5373		9007	4344
	8457	5336	$\frac{1}{2}$	9026	4305
58	8480	5299		9046	4266
	8504	5262	65	9063	4226
$\frac{1}{2}$	8526	5225		9081	4187
	8549	5188	$\frac{1}{2}$	9100	4147
59	8572	5150		9118	4107
	8594	5113	66	9135	4067
$\frac{1}{2}$	8616	5075		9153	4027
	8638	5038	$\frac{1}{2}$	9171	3987

dé- grés	perpen- diculaire	horifon- tale	de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale
	9188	3947		9600	2798
67	9205	3907	74	9613	2756
	9222	3867		9625	2714
$\frac{1}{2}$	9239	3827	$\frac{1}{2}$	9636	2672
	9255	3786		9648	2630
68	9272	3746	75	9659	2588
	9288	3706	$\frac{1}{2}$	9670	2546
$\frac{1}{2}$	9304	3665	$\frac{1}{2}$	9681	2504
	9320	3624	$\frac{3}{4}$	9692	2462
69	9336	3584	76	9703	2419
	9351	3543		9713	2377
$\frac{1}{2}$	9367	3502	$\frac{1}{2}$	9724	2334
	9382	3461		9734	2292
70	9397	3420	77	9744	2250
	9412	3379		9753	2207
$\frac{1}{2}$	9426	3338	$\frac{1}{2}$	9763	2164
	9441	3297		9772	2122
71	9455	3256	78	9781	2079
	9469	3214		9790	2036
$\frac{1}{2}$	9483	3173	$\frac{1}{2}$	9799	1994
	9497	3132		9808	1951
72	9511	3090	79	9816	1908
	9524	3049		9825	1865
$\frac{1}{2}$	9537	3007	$\frac{1}{2}$	9833	1822
	9550	2965		9840	1779
73	9563	2924	80	9848	1736
	9576	2882		9856	1693
$\frac{1}{2}$	9588	2840	$\frac{1}{2}$	9862	1650

de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale.	de- grés	perpen- diculaire	horifon- tale.
	9870	1607	$\frac{1}{2}$	9969	785
81	9877	1564		9973	741
	9884	1521	86	9976	698
$\frac{1}{2}$	9890	1478		9979	654
	9897	1435	$\frac{1}{2}$	9981	610
82	9903	1392		9984	567
	9909	1349	87	9986	523
$\frac{1}{2}$	9914	1305		9988	480
	9920	1262	$\frac{1}{2}$	9990	436
83	9925	1219		9992	393
	9931	1175	88	9994	349
$\frac{1}{2}$	9936	1132		9995	305
	9941	1089	$\frac{1}{2}$	9997	262
84	9945	1045		9998	218
	9950	1002	89	9998	175
$\frac{1}{2}$	9954	958		9999	131
	9958	915	$\frac{1}{2}$	9999	87
85	9962	872		9999	44
	9966	828	90	9999	0000

Outre les deux méthodes précédentes pour la résolution des triangles rectangles, il y en a une troisième, de laquelle on ne doit pas attendre une précision absolument rigoureuse, parce qu'elle est entièrement mécanique ; c'est cependant celle, pour ne pas dire la seule, dont les mineurs font usage, parce qu'elle est la plus courte & la plus usée. Elle consiste à avoir une longue règle divisée en deux ou trois cents parties parfaitement égales, auxquelles on donne la valeur qu'on veut, & qu'on prend pour échelle ; & on opère comme suit.

Supposons, comme ci-devant, qu'on veuille savoir la hauteur verticale de la montagne AB (*fig. 25, planche IV.*) & la longueur de son côteau AB.

On commence par prendre l'angle vertical A, que nous supposerons, comme ci-dessus, de 22 degrés 30 min., qu'on note sur le papier ; puis on mesure la longueur AD supposée de 25 toises 1 pied 6 pouces, qu'on note aussi ; ensuite on prend l'angle D supposé de 34 degrés 15 minutes ; & l'on mesure de même la longueur DE supposée de 83 toises 5 pieds, qu'on note pour la seconde sta-

tion ; après quoi l'on prend l'angle I supposé de 43 degrés 15 min. ; & l'on mesure la longueur FB supposée de 91 toises , & ainsi de suite , s'il y a d'autres stations.

Cela fait , on a une feuille de papier bien dressée sur laquelle on tire une ligne indéfinie AI , qu'on suppose être la ligne horisontale qui passe par la base de la montagne ; puis du point A , & avec le rapporteur , on tire la ligne indéfinie AD , qui fasse , avec l'horisontale AI , un angle égal à celui de la première station (22 deg. 30 min.) Supposons maintenant que vous preniez chaque division de votre échelle pour une toise ; & ayant noté le côté AD de 35 toises $1\frac{1}{2}$ pieds , prenez avec le compas cette longueur sur l'échelle , & vous la portez sur la ligne AD ; puis du point D vous tirez la ligne indéfinie DK , parallèle à la ligne AI , qui sera l'horisontale sur cette ligne ; & du point D vous tirerez la ligne DF , qui fasse , avec la ligne DK , un angle égal à celui que vous avez trouvé dans votre seconde station (34 deg. 45 min.) ; puis avec le compas vous prendrez sur votre échelle le nombre de toises que vous a donné le côté BF (83 toises 5 pieds) ,

& vous les portez sur la ligne DF ; ensuite du point F vous tirez la ligne FH parallèle à DK ; puis du point F & sur la ligne FH , tirez la ligne FB , qui fasse avec la ligne FH un angle égal à celui que vous avez trouvé par votre troisième station (43 deg. 15 min.); & vous prenez avec le compas sur votre échelle, la longueur que vous aviez trouvée depuis F jusqu'à B , que vous portez sur la ligne FB , & ainsi des autres stations, si vous en aviez davantage.

Cela fait, du point B abaissez la perpendiculaire BC sur la ligne AI , & avec le compas prenez la hauteur BC , & portez-la sur l'échelle, qui vous donnera le nombre de toises & de pieds que cette ligne renferme; faites-en autant sur la ligne AC pour avoir sa longueur.

Si on a fait toutes ces opérations avec l'attention requise, on peut être assuré qu'on ne fera pas une erreur d'un pied sur toutes ces dimensions. Nous avons cru devoir entrer dans un détail plus circonstancié de ces mêmes opérations, afin d'en mieux faire sentir le mécanisme.

Tels sont les premiers élémens de Géométrie & de Trigonométrie dont on doit être instruit, pour être en état de

réfoudre les problèmes de Géométrie Souterraine, & d'exécuter les opérations qui forment l'objet du Chapitre qui suit; & nous ne doutons pas que pour peu qu'on sache son arithmétique, & qu'on lise avec attention l'explication que nous venons de donner de ces élémens, on ne soit en état de se les rendre familiers par soi-même, & sans aucun secours étranger.



CHAPITRE VI.

Des opérations de Géométrie Souterraine.

IL n'est presque pas d'opération géométrique dans les travaux des Mines, qui ne soit relative au méridien du lieu; il est donc indispensable d'y avoir une méridienne exacte à laquelle on puisse rapporter les directions des différens alignemens qu'on est obligé de prendre. Il est vrai que le commun des Maîtres Mineurs n'y font pas tant de façon; ils prennent pour méridien celui que l'aiguille de la boussole leur indique; ils ne font pas attention qu'actuellement en Europe, la direction de cette aiguille varie

à l'ouest depuis dix-neuf jusqu'à vingt-un degrés, suivant les lieux, c'est-à-dire, suivant le langage des Mineurs, de près d'une heure & demie; en France, au tems où nous écrivons ceci, (1775) cette aiguille décline à l'ouest depuis 19 deg. 30 min. jusqu'à 20 deg. 10 min.; elle est plus forte sur les frontieres orientales de ce royaume, que sur ses limites occidentales; plus forte à Antibes qu'à Brest: toutes choses d'ailleurs égales.

Ce n'est donc pas avec le seul secours de la boussole qu'on peut se flatter d'avoir une méridienne exacte dans un endroit quelconque donné; il faut s'y prendre d'une autre maniere, lorsqu'il s'agit de tracer une méridienne dans un endroit qui est éclairé par le soleil pendant deux ou trois heures avant & après midi; l'exécution en est très-facile, mais il n'est pas rare que des travaux de Mines soient situés dans des endroits où l'on ne voit le soleil que l'avant ou l'après-midi; j'en ai vu où les montagnes cachent cet astre pendant deux & trois mois de l'année: dans tous ces derniers endroits, il faut avoir recours à des méthodes particulières dont nous allons rendre compte dans les problèmes suivans,

PROBLEME I.

Tracer une méridienne sur un point quelconque donné dans une campagne.

Nous supposons ici que le point donné est éclairé par le soleil avant & après midi.

S O L U T I O N.

Soit proposé de tracer une méridienne qui passe par le point A au pied des montagnes B C (*planche IV, fig. 26*).

Au point A placez un poteau de 5 à 6 pouces de diametre, & enfoncez-le dans terre d'une couple de pieds, afin qu'il soit bien solide, & qu'il sorte de terre de trois bons pieds; placez sur le sommet de ce poteau qui doit être scié à l'équerre, une petite planche de bois dur, de cinq ou six pouces en quarré, d'un pouce d'épaisseur, & qui soit bien dégauchie en tout sens; il faut avoir le plus grand soin que cette planche soit parfaitement de niveau en tout sens, & bien attachée sur le poteau. Après quoi tracez avec le compas trois ou quatre cercles concentriques B C D sur un point A vers le milieu de la planche (*fig. 27*). Sur ce même point, fixez-y un fil d'archal qui sorte d'environ deux pou-

ces hors de la planche, bien appointé par son extrémité supérieure, & sur-tout qu'il soit bien perpendiculaire en tout sens sur le plan de la planche ; cela fait, observez avec attention, avant midi, les endroits où l'ombre de la pointe du fil coupe les cercles, & avec la pointe d'une aiguille, marquez ces points d'intersection sur les cercles EFG ; ensuite observez, l'après-midi, les points où la même ombre coupe chaque cercle, & les marquez comme auparavant en HIK ; ensuite divisez par le milieu les arcs EH, FI, GK, aux points LMN, & du centre A tirez par ces points la ligne AL : ce sera la méridienne cherchée, si vous avez opéré exactement. Il est vrai qu'il y auroit une petite correction à faire, à cause du mouvement du soleil en déclinaison ; mais comme ce ne peut être qu'une erreur de quelques secondes, on peut d'autant plus la négliger, que la Géométrie Souterraine n'exige pas une précision aussi scrupuleuse.

PROBLEME II.

Prolonger une ligne donnée sur un terrain quelconque.

SOLUTION.

Soit la méridienne trouvée par le problème précédent, qu'il s'agit de prolonger le long de la montagne de A en B.

Sur la planche où vous avez tracé la méridienne AL, placez au point L une autre aiguille ou fil de fer pareille à celle qui est au centre, ou bien collez à l'extrémité de la ligne L, sur le côté de la planche, un carton dont le bord soit bien d'équerre avec le plan de la planche, & de la hauteur du stille ou fil de fer; ensuite faites placer le long du terrain, des signaux E F B, de manière qu'en visant par la pointe du stille A, les milieux de ces signaux se trouvent vis-à-vis la pointe du carton placé en L; la ligne qui passe par ces signaux, sera une ligne méridienne prolongée qui passera par les points A & B.

Les signaux ne sont autre chose que des bâtons qu'on enfonce dans terre, & qui portent à leur bout supérieur des quarrés de papier d'environ trois pouces en quarré, & au milieu desquels on fait un trou rond, ou une marque noire d'un pouce de diametre, pour pouvoir les apercevoir à une certaine distance.

S C H O L I E.

Il peut arriver que du point A on n'appercevra pas le point B; dans ce cas, après avoir prolongé la ligne jusqu'à un point quelconque, comme en F, d'où l'on puisse appercevoir le point B & le point A, on placera sur le point F; soit la bouffolle, soit le récipiangle, & on dressera une des alidades vers le point A, de maniere que vous l'apperceviez au travers des deux pinnules; puis, sans remuer l'alidade, vous vous tournerez de l'autre côté, & vous ferez placer le signal en B, de façon que vous l'apperceviez également au travers des pinnules: en si prenant ainsi, on peut prolonger une ligne quelconque à telle distance qu'on voudra, même au travers d'une chaîne de montagnes.

P R O B L E M E I I I.

Sur un point quelconque A de la méridienne AB, tirer une ligne qui fasse, avec cette méridienne, un angle donné, ou qui ait une direction donnée.

S O L U T I O N.

Soit proposé de tirer du point A une

134 LA GÉOMETRIE

ligne AD, qui fasse, sur la méridienne AB, un angle de 120 degrés, ou qui aille par les 8 heures.

Placez au point A le récipiangle, & dirigez ses pinnules; fixez sur la méridienne AB, puis tournez l'alidade jusqu'à ce que l'index soit précisément au 120^e. degré; visez au travers des pinnules de l'alidade vers D, & faites planter des signaux GH le long de la ligne visuelle; ce fera la ligne proposée.

PROBLEME IV.

Sur un point quelconque H de la ligne AD, (fig. 26.) tirer une ligne parallèle HI, à la méridienne AB.

SOLUTION.

Toute ligne HC qui fera, sur la ligne AD du même côté, un angle égal à celui que la ligne AD fait avec la méridienne AB, est parallèle à cette ligne; ainsi étant prévenu que la ligne AB fait, avec la méridienne AB, un angle de 120 degrés du côté du nord, il ne s'agit que de placer le récipiangle au point H, de diriger les pinnules fixes sur la ligne AD, & tourner ensuite l'alidade vers C, jus-

qu'à ce que l'index marque 120 degrés ; alors la ligne HC , qu'on marquera par des piquets de distance en distance , sera parallele à la méridienne AB , puisque ces deux lignes forment les mêmes angles sur une troisieme AD.

PROBLEME V.

Tracer une méridienne sur un point qui n'est point éclairé par le soleil.

SOLUTION.

Toute ligne parallele à une méridienne quelconque , peut être regardée comme une méridienne , pourvu qu'elle n'excède pas la longueur de 5 à 600 toises , parce que la différence qui se trouve dans cette longueur , n'est pas sensible , & peut être regardée comme nulle.

Soit proposé de tracer une méridienne sur le point I (*fig. 26*) dans un vallon qui n'est point éclairé par le soleil. Choisissez , le plus proche qu'il vous sera possible du point I , un endroit où vous puissiez tracer une méridienne , par le problème premier de ce Chapitre ; ensuite , par le problème second & troisieme , tracez une ligne parallele à cette méridienne , qui

passé par le point I; cette dernière ligne sera la méridienne cherchée : on se sert ordinairement de la boussole dans ce dernier cas , mais on s'expose à des erreurs , si on n'est point instruit de la déclinaison de l'aiguille aimantée dans l'endroit où l'on opère. On a , par ce moyen , une méthode générale pour se procurer une méridienne dans quelque endroit que ce soit , à l'exception des travaux souterrains.

PROBLÈME VI.

Connoître la déclinaison de l'aiguille dans un endroit quelconque.

SOLUTION.

Tracez sur la petite planche (*fig. 27*) la méridienne LAO, par la méthode que nous avons expliquée au problème premier de ce Chapitre ; ensuite appliquez bien exactement sur la ligne LO, le côté de l'alidade de votre boussole, construite comme nous l'avons enseigné ; laissez ensuite fixer votre aiguille , & examinez à quel degré & à quelle distance du méridien elle s'est fixée, & notez-le sur le papier : faites la même opération à trois ,
à

à quatre reprises pendant la journée , & ayez soin de noter le point où elle se fixe à chaque observation ; car il est rare qu'elle se fixe au même point à chaque heure du jour.

Vous répéterez les mêmes opérations le lendemain ; & prenez un point moyen entre tous ceux où l'aiguille s'est arrêtée , que vous noterez sur un petit papier qu'on colle sur l'angle de la boussole du côté qu'elle décline , comme on voit en A (*fig. 6, pl. II*).

Nous observerons ici que la déclinaison de l'aiguille aimantée change sensiblement d'année en année , & que cette variation peut aller jusqu'à 15 & 20 min. sur-tout vers le nord de la France ; elle devient plus considérable , à mesure qu'on s'avance vers le nord & au contraire : c'est pourquoi il est bon d'examiner , chaque année la variation de l'aiguille , afin de changer la note qu'on place sur la boussole ; & il faut bien se garder de s'en tenir à la note que les constructeurs de boussole placent communément & fort mal à propos sur leurs boussoles , parce qu'outre les variations annuelles , on ne doit pas s'imaginer que la déclinaison de l'aiguille soit la même aux Mines de Bay-

LA GÉOMETRIE
gori dans le Bearn , & à Ste. Marie aux
Mines, en Alsace, à Paris & à Vienne en
Autriche. D'après toutes ces observa-
tions , soit le problème suivant.

PROBLEME VII.

*Tracer une méridienne par le moyen de
la boussole.*

SOLUTION.

Placez votre boussole bien de niveau,
& lorsque l'aiguille sera fixe, tournez
douceement la boussole, jusqu'à ce que
l'aiguille soit fixe au point noté pour sa
déclinaison; alors la ligne qui passe par
les points de douze heures, ou mieux en-
core la ligne qui passe par les pinnules
de l'alidade, sera sensiblement la mé-
ridienne du lieu de l'observation.

PROBLEME. VIII.

*Mesurer la longueur d'une galerie, &
connoître sa direction générale.*

SOLUTION.

On appelle galerie ou *stol*, l'espece de
corridor par où on entre dans les Mines,

& par lequel on en tire les minéraux & les décombres.

Soit proposé de mesurer la longueur & les contours de la galerie AB (*fig. 29*), & de connoître sa direction générale AG.

On peut faire cette opération avec la boussole ou avec le récipiangle. Nous supposons d'abord ici qu'on se sert de la boussole ; dans ce cas , il faut toujours supposer que la pointe de l'aiguille se dirige vers le vrai méridien , sauf à corriger sa déclinaison , comme nous le dirons ci-après.

Avant que de commencer votre opération , ayez une feuille de papier sur laquelle vous tirerez une ou plusieurs lignes , comme AB (*fig. 28*), & vous croiserez ces lignes par des perpendiculaires C. D. E. F. &c. , & vous numéroterez ces dernières lignes par 1. 2. 3. 4. &c. , comme on voit dans la figure , afin d'y noter les angles & les longueurs de chaque contour , comme on dira bientôt. Cela fait , placez votre boussole à l'entrée de la galerie au point A , & faites porter une lumière en C , puis dirigez l'alidade de la boussole vers C , jusqu'à ce que vous apperceviez la lumière au travers des pinnules ; pour lors l'aiguille de la bous-

terez la distance EF supposée de 10 toises 3 pieds; vous en ferez autant en F, en notant à gauche l'angle F supposé de 88 degrés, & la distance FC supposée de 4 toises, & ainsi de suite : si la galerie se trouve avoir plus de longueur, si au lieu de boussole vous vous servez de grometre ou récipiangle, vous prendrez ces mesures de la maniere que nous l'avons expliqué fort au long dans le quatrième Chapitre de la deuxième partie de cet Ouvrage, en parlant de l'usage du récipiangle; & il seroit superflu de répéter ici les mêmes termes.

Ayant mesuré la galerie AB (*fig. 29*) de la maniere que nous l'avons exposé ci-dessus, il s'agit, 1°. de savoir combien il y a de toises d'ouvrage, 2°. d'en dresser le plan, 3°. de connoître la longueur de la galerie en ligne droite, & enfin de connoître sa direction générale.

Quant au nombre de toises d'ouvrage, il ne faut qu'additionner les nombres de toises & de pieds que vous avez notés sur votre ligne de repere, la somme sera la longueur de la galerie dans ses contours, ou le nombre de toises de travail qu'on y a fait en la perçant.

Pour dresser un plan de votre galerie

ayez une feuille de papier bien unie & de grandeur convenable ; à une de ses extrémités , tirez la ligne BO (*fig. 30, pl. IV*) que vous regarderez comme le méridien de la boussole ; ayez devant vous votre ligne de reperes (*fig. 28*) au point A de la ligne BO ; tirez la ligne AC , qui fasse avec la ligne BO un angle de 108 degrés depuis B jusqu'à C , ainsi qu'il est noté sur la ligne de reperes , ce que vous exécuterez de cette maniere : placez le centre d'un rapporteur de corne sur le point A , de maniere que son diamètre se trouve exactement sur la ligne BO , puis comptez sur le limbe 108 degrés , & ponctuez sur le papier le point qui répond au 108^e. degré ; du point A tirez une ligne sur ce point , & sur cette ligne portez 8 toises 2 pieds , distance notée de A en C , que vous prendrez sur votre échelle de réduction , & par là vous aurez votre premiere station A C sur votre plan. Quant à l'échelle de réduction , je me suis toujours servi de mesures connues , comme de lignes , de pouces , &c. , prises sur le pied de roi ; lorsque la galerie est fort longue , je prends ordinairement deux lignes par toises ; si elle est moindre , je prends trois

lignes , quelquefois 6 lignes , à proportion de la longueur des galeries , & autant que je le puis , je fais mes toises de réduction de trois ou de six lignes , afin d'opérer plus exactement , parce qu'alors la demi-ligne ou la ligne fait le pied , & il faudroit ne savoir pas manier un compas , pour se tromper d'une ligne , même d'une demi ligne. Au surplus , si on opéreroit dans un pays étranger , il faudroit se conformer aux mesures du lieu : comme toutes les mesures qui se font avec la boussole , se rapportent au méridien de cet instrument , ayant tracé votre première ligne AC , il faut , par le point C , tirer une parallèle PQ au méridien BO , cette parallèle fera le méridien de la boussole au point C ; ensuite voyant sur votre ligne des repères que l'angle en C est de 69 degrés 30 minutes , vous tirez la ligne CD , qui fasse un pareil angle avec la méridienne PQ , depuis P vers D ; & comme vous avez 6 toises de notées de C en D , vous les portez sur la ligne CD ; après quoi , par le point D , tirez à la ligne PQ une parallèle RS , qui fera la méridienne au point D ; & voyant sur la ligne des repères , que l'angle en D est de 119 deg. 45 min. depuis

R vers E, tirez la ligne DE, qui fasse avec la méridienne RS un angle semblable; puis voyant que le côté DE est de 11 toises, portez-le sur votre ligne; parvenu en E, & par ce point, tirez au méridien RS une parallèle TV, qui sera la méridienne au point E; & voyant sur la ligne des reperes que l'angle en E est de 55 degrés, tirez la ligne EF, qui fasse un angle semblable sur la méridienne depuis T vers F; & ayant 10 toises 3 pieds depuis E en F, vous les porterez sur la ligne EF; vous continuerez les mêmes opérations en F & en G, & ainsi de suite, si votre galerie se trouve plus longue: de cette manière, vous aurez votre galerie exactement tracée sur le papier. Maintenant pour avoir sa longueur en ligne droite & sa direction générale, tirez la ligne AG, & voyez avec le compas sur votre échelle, quelle est cette longueur que vous trouvez ici de 38 toises 4 pieds; ensuite voyez avec le rapporteur au point A, quel est l'angle que cette même ligne AC, fait avec le méridien BO, que vous trouverez de 90 degrés vers l'est, qui sera la direction générale de la galerie.

Il faut observer que toutes les opéra-

tions que vous venez de faire , se rapportent au méridien de la bouffole , & que l'aiguille de cet instrument ne se dirige pas vers le point du nord , c'est-à-dire sur le vrai méridien , mais qu'elle décline vers l'ouest d'une quantité plus ou moins grande , suivant les tems & les lieux , comme nous l'avons dit ailleurs. Maintenant pour réduire ces mêmes opérations au vrai méridien sur votre papier , nous supposerons que vous avez observé cette déclinaison par le problème V. de ce Chapitre , & que vous l'avez trouvée de 19 degrés 30 minutes. Cela posé , au point A de votre plan , tirez la ligne MN , qui fasse avec la ligne BO un angle égal à la déclinaison de l'aiguille aimantée , c'est-à-dire de 19 deg. 30 min. , cette ligne MN sera le vrai méridien ; & pour lors la vraie direction générale de votre galerie , que vous avez trouvée ci-dessus de 90 degrés vers l'est , sera moindre de 19 degrés & 30 min. , & ne sera que de 70 degrés 30 min. Si vous desirez avoir sous les yeux la direction de chaque contour de la galerie , relativement au vrai méridien MN , tirez sur chaque angle C D E F , &c. , les paralleles H 2 , I 3 , K 4 , L 5 , &c. , qui seront les vrais méridiens à chacun de ces points.

Ainsi on dira, dans le cas présent, que cette galerie décline vers l'est de 70 deg. 30 min. ; & pour parler le langage des Mineurs, on dira, cette galerie va par les quatre heures quarante minutes du matin : car dans les Mines on ne connoit point de secondes ; aussi négligeons-nous les sept & demie qu'il y a de plus.

Nous ne sommes entrés dans ce détail minutieux, que parce qu'il est de la plus grande conséquence de mesurer ces fortes de galeries d'entrée avec la plus grande attention, attendu que c'est de cette exactitude que dépend celle de nombre d'opérations géométriques qui se présentent dans les travaux souterrains. Nous ajouterons ici, que dans toutes les opérations qu'on exécute avec la boussole, on doit se garder de se servir de lampes de fer ; le meilleur est de se servir de bougies, ou de chandelles qu'on tient à la main : car les bougies ne sont pas ordinairement communes dans les mines.

Nous avertirons encore qu'eu égard à la petitesse des instrumens dont on est obligé de faire usage, il est très-difficile d'observer les angles à la lumière avec la précision requise, sur-tout si c'est au

travers du verre de la bouffole , & qu'on ne sauroit y faire trop d'attention. Je me sert , à cette occasion , d'une bonne loupe , pour y voir plus distinctement.

PROBLEME IX.

Trouver sur les côteaux d'une montagne, les points qui correspondent perpendiculairement aux contours, ou à tout autre point donné d'une galerie pratiquée au pied de cette montagne.

SOLUTION.

Ce problème renferme deux cas qui exigent chacun une solution particulière; savoir , lorsque la galerie est pratiquée au pied du cône de la montagne , comme en A (*fig. 31 , pl. IV*) , ou lorsque la galerie est placée en B vers le bout escarpé de la montagne , & se prolonge au dessous du cône CD. Nous résoudrons le problème dans l'un & dans l'autre cas.

Lorsque le cône de la montagne est uni, la solution du problème ne demande que de l'intelligence & de l'exactitude ; mais lorsque le cône est rempli d'éminences & de ravins qui le rendent inégal, cette opération est une des plus difficiles de la Géométrie Souterraine.

Premier cas.

Supposons que la galerie A, placée au pied du coteau CD, soit la même que celle que nous avons mesurée, & dont nous avons dressé le plan par le problème précédent; car cette opération préliminaire est absolument indispensable pour la solution du problème qui nous occupe. Dans cette supposition, nous nous servirons des angles & des mesures notées sur la ligne des repères (*fig. 28*). Tout cela posé, comme l'entrée de la galerie A peut vous empêcher de voir le long du coteau, éloignez-vous de cette entrée d'un couple de toises, plus ou moins, vers H, sur la ligne AC de la figure 29; mais alors, au lieu de prendre le côté AC pour 8 toises 2 pieds, comme il est noté sur la ligne des repères, il faut y ajouter les deux toises, plus ou moins, dont vous l'avez prolongé en vous éloignant de l'entrée de la galerie. Ainsi vous savez déjà que le point C de votre galerie est éloigné de vous de 10 toises 2 pieds, & que la ligne HC fait un angle à droite de 108 degrés notés sur la ligne des repères. Placez votre boussole au

point H, & tournez-la jusqu'à ce que l'aiguille marque 108 degrés; après quoi élevez son alidade vers un point quelconque x d'environ 12 toises de distance, un peu plus ou un peu moins, car cela n'y fait rien; plantez un piquet au point x , cette ligne H x sera sur la même direction que la ligne A C de la figure 29, & par conséquent le point correspondant que vous cherchez sur le côté de la montagne, se trouve sur cette ligne; ôtez alors votre boussole du point H, après avoir marqué l'aplomb de son centre, & placez-y votre demi-cercle de manière que son centre soit sur le même aplomb, & dirigez ses alidades vers le piquet x sur le côté; examinez l'angle de hauteur que le piquet vous donne sur le demi cercle, & notez cet angle sur le papier, que nous supposerons de 32 degrés, & par là vous avez un triangle rectangle vertical dont vous connoissez la direction, & dont l'angle droit est au point C dans la galerie.

Dans ce triangle, vous connoissez l'angle droit, l'angle aigu en H 32 degrés, & le côté HC 10 toises 2 pieds; tracez ce triangle sur le papier, car la vue des figures aide beaucoup aux opérations,

comme ici (*fig. 32, pl. V*), en marquant chaque angle de leur lettre ; puis pour savoir la distance ou la longueur Hx , il faut d'abord connoître l'angle x , ce qui est aisé, car ayant l'angle C droit, l'angle x fera le complément de l'angle H de 32 degrés, & sera par conséquent de 58 degrés ; cela fait, achevez la réduction du triangle par l'analogie suivante.

Le logarithme sinus x 58 deg.

Au log. HC 10 toises 2 pieds ;

Ainsi le log. sinus h 32 deg.

Au log. du côté xc 6 toif. 2 pieds $\frac{1}{2}$.

Ce qui vous donne d'abord la perpendiculaire xc de 6 toises 2 pieds $\frac{1}{2}$. Maintenant pour avoir l'hypoténuse ou la distance Hx , faites cette analogie :

Logarithme sinus H 32 deg.

Au log. du côté xc . . 6 toif. 2 pi. $\frac{1}{2}$;

Ainsi le sinus total

Au log. du côté Hx . . . 12 toif. 1 pied.

Mais vous aviez planté votre piquet x à 12 toises de distance du point H , & le calcul vous donne 12 toises & 1 pied ; vous l'avez donc placé trop près d'un pied ; donc il faut l'éloigner de plus

sur la même direction : je dis alors que le point x , éloigné d'un pied sous le même angle & la même direction, correspond perpendiculairement au point C de la galerie, puisqu'il est placé sur la même direction, & qu'il fait un angle droit avec la ligne AC. Pour avoir ensuite la hauteur du point x , au dessus du point C, placé au fond de la galerie que nous supposons de niveau, il faut ajouter aux 6 toises 2 pieds & demi, que vous avez trouvées pour le côté xC : la hauteur où se trouve le centre de votre demi-cercle au dessus de terre, que nous supposons de trois pieds & demi, & la hauteur totale, depuis x jusqu'au sol de la galerie, sera de sept toises.

Maintenant pour avoir sur le coteau un point correspondant au point D de la galerie, placez votre boussole au point x , & prenez la direction du côté CD de la galerie, qui est de 69 deg. 30 min. en tournant doucement la boussole jusqu'à ce qu'elle s'arrête au 69^e. degré 30 min.; puis avec l'alidade placez sur la ligne des pinnules un piquet vers u ; & comme ce côté de la galerie n'a que 7 toises 4 pieds, placez le piquet u à environ huit toises. La ligne xu aura la même direction que le

le côté de la galerie, & conséquemment le point cherché sera sur cette ligne. Otez alors la boussole de dessus son pied, & placez-y le demi-cercle avec lequel vous prendrez l'angle de hauteur depuis le niveau du point x , que nous supposons de 35 degrés 30 minutes, que vous noterez; cette opération vous donne un triangle rectangle vertical $x D u$ (*fig. 33, pl. V.*) sur le côté CD de votre galerie. Dans ce triangle, vous connoissez l'angle droit, l'angle aigu x 35 degrés 30 minutes, & le côté $x D$ 7 toises 4 pieds; en faisant la réduction de ce triangle par les méthodes si souvent expliquées, vous aurez le côté $D u$ de 3 toises 5 pieds, & le côté $u x$ de 8 toises un pied & demi; & comme vous avez placé le piquet u à huit toises, & que le calcul vous donne un pied & demi de plus, vous le reculerez, sur la même ligne, d'un pied & demi, & pour lors le point u sera perpendiculaire au point D de la galerie.

A l'égard de la hauteur du point u , il faut ajouter aux 3 toises 5 pieds la hauteur de l'instrument supposée de 3 pieds; vous aurez 4 toises 2 pieds qu'il faut ajouter à 7 toises de hauteur du point x , ce

qui vous donnera 10 toises 5 pieds de hauteur depuis le point *u* jusqu'au sol de la galerie au point *D*. On opérera de la même manière aux points *EFG*, &c., & on aura par là, sur le côté de la montagne, les points correspondans à ces mêmes points.

Nota. Nous observerons ici, une fois pour toutes, que dans ces opérations il faut toujours mettre un signal au piquet qu'on fait planter devant soi, qui soit à la hauteur de l'instrument avec lequel on opère, sans cela on risque de prendre les angles trop petits, sur-tout lorsque les distances sont courtes., & alors on est dispensé de retrancher ni d'ajouter la hauteur de l'instrument.

Second cas.

Il s'agit maintenant de résoudre le même problème, dans le cas où la même galerie seroit placée au pied de la montagne du côté escarpé en *B*, & qu'elle se prolonge le long des roches & des ravins *Bgh*. Nous devons prévenir ici que la justesse des opérations dont nous allons rendre compte, dépend de l'exactitude avec laquelle vous aurez levé le plan de

la galerie , parce qu'ici nous ne pouvons pas employer la méthode dont nous nous sommes servis dans le premier cas , à cause que nous supposons que les roches & les ravins ne nous permettent pas de viser aux différens points que forment les contours de la galerie pour en avoir les côtés correspondans , & qui , comme on a pu voir ci-dessus , sont autant d'hypoténuses dont les côtés de la galerie forment la base.

Par la méthode que nous allons décrire , & qu'on doit toujours préférer lorsqu'on est assuré de l'exactitude de son plan , on peut indifféremment prendre tel point correspondant qu'on voudra , sans s'affujettir à prendre tous les contours de la galerie , les uns après les autres , comme nous avons fait dans le cas précédent : ainsi l'exemple que nous allons donner d'un seul point , servira pour tous les autres ; & afin de différencier ces exemples , nous supposerons la longueur de la galerie beaucoup plus forte que celle que nous avons supposée ci-dessus , sans changer les angles ni le nombre de côtés.

Tout cela établi , supposons qu'il faille trouver au travers des roches & des ra-

vins Bgh (*fig. 31*) un point qui soit perpendiculaire au point X , sur le côté EF de la galerie (*fig. 30*) pratiquée au pied de cette montagne, du point A , qui représente l'entrée de la galerie B . Tirez la ligne AX , ensuite avec le rapporteur examinez l'angle que cette ligne fait avec le méridien de la bouffole BO , que nous supposons de 99 degrés que vous noterez; ensuite, avec le compas, prenez la longueur AX , & la portez sur votre échelle, supposons qu'elle vous donne 250 toises; vous aurez par là, 1°. la déclinaison de la ligne dans la montagne sur laquelle se trouve le point cherché; 2°. la base d'un triangle dont il faut chercher les autres côtés. Cela fait, placez votre bouffole devant la galerie en B , tournez-la doucement, jusqu'à ce que l'aiguille marque 99 degrés du côté du nord, qui est la déclinaison du point x ; ensuite élevez l'alidade pour voir au travers des pinnules le long du côteau de la montagne, & faites planter sur la ligne de vue autant de piquet que le local pourra le permettre, & sur-tout sur les points où la ligne de vue rase le terrain (il faut même marquer ces derniers avec une marque particulière); & comme vous

savez que le point de la galerie auquel vous cherchez un perpendiculaire, est à 250 toises de distance en ligne droite de l'entrée de la galerie, il faut planter des piquets jusqu'à une cinquantaine de toises en de-là, autant que la vue vous permettra d'en juger.

Si une roche ou une éminence arrêtoit votre vue & vous empêchoit de voir aussi loin que vous le jugez nécessaire, il faudroit, en ce cas, y transporter la boussole, & prendre le même angle de 99 degrés pour y continuer votre alignement, en y plantant des piquets; mais il faut avoir soin de marquer les points où se trouve le centre de la boussole, parce qu'il vous y faudra revenir.

Votre ligne de direction étant tracée par des piquets le long de la montagne, il faut placer le demi-cercle à l'entrée de la galerie, au même point où étoit le centre de la boussole, & prendre l'angle vertical au dernier piquet que le terrain vous permet de voir, que nous supposerons ici de 33 degrés que vous noterez.

Après quoi tracez sur le papier un triangle rectangle (*fig. 34, pl. V*) dont le côté BX sera la distance du point X à

l'entrée B de la galerie 250 toises : l'angle X est droit, l'angle B est de 33 degrés ; & par conséquent l'angle h sera de 57 degrés. Faites la réduction de ces triangles par les méthodes indiquées, & vous aurez pour le côté h X 160 toises 3 pieds, & pour le côté B h 294 toises 5 pieds. Ce calcul vous fait déjà connoître que le point que vous cherchez se trouve sur votre ligne de direction marquée par des piquets à 294 toises 5 pieds de distance, en ligne droite du point d'entrée B de la galerie ; & si le hasard a voulu que vous ayez apperçu ce point sur le terrain en prenant votre ligne de direction, il se trouvera précisément à 163 toises 3 pieds au dessus du sol de la galerie au point X ; mais si vous ne l'avez pas apperçu, il peut se trouver plus haut ou plus bas que le calcul nous l'a donné, comme nous verrons bientôt.

Il s'agit maintenant de mesurer sur votre ligne de direction la longueur en ligne droite de 294 toises 5 pieds, ce qui ne vous sera pas possible de faire avec la chaîne, à cause des roches, des ravins, des broussailles, & mille autres obstacles que nous supposons s'y trouver, & qui réellement s'y trouvent pour l'ordi-

nai re : j'en parle par expérience. Il faut donc chercher un autre moyen ; pour cet effet, cherchez au pied de la montagne, quelque part , un point M , d'où vous puissiez appercevoir le point B de l'entrée de la galerie où vous avez pris votre ligne de direction Bgh , & voir en même tems la plupart des piquets que vous avez placés sur cette dernière ligne ; cela fait, prenez l'angle que la ligne BM fait avec la ligne de direction Bgh , que nous supposerons de 42 degrés ; après quoi mesurez exactement la ligne BM que nous supposons de 80 toises : tout cela noté , tracez à volonté sur un papier le triangle BMh (*fig. 34*) dont la ligne Bh représentera la ligne de direction Bgh , & la distance du point cherché 294 toises 5 pieds supposée en h ; le côté BM sera la base de 80 toises , l'angle B de 42 degrés. Dans ce triangle, vous connoissez les deux côtés $BM Bh$, & l'angle compris B . Faites la résolution de ce triangle, pour avoir l'angle M , parce que c'est cet angle qui vous donnera le vrai lieu du point cherché sur la ligne Bh . Faites la résolution de ce triangle par le problème III du Chapitre IV, & vous trouverez que l'angle h est de 12 degrés 56 minu-

tes, & l'angle M de 125 deg. 4 minutes.

D'après ce calcul, vous êtes assuré que toute ligne visuelle qui fait au point M un angle de 125 degrés 4 minutes avec la ligne MB, coupe votre ligne de direction B *h* à 294 toises 5 pieds de distance en ligne droite du point B : ce qui n'a pas besoin de démonstration, puisque c'est cette distance qui donne l'angle M.

Connoissant l'angle M, placez votre récipiangle au point M, & sur la ligne BM, prenez un angle de 125 degrés 4 minutes, & au moyen du genou, dirigez les pinnules de l'alidade vers les piquets plantés le long de la ligne de direction BH ; si la ligne de vue passe par un de ces piquets, ou très-proche, vous ferez avancer ou reculer ce piquet, jusqu'à ce que vous l'apperceviez au travers des pinnules ; si au contraire elle passe entre deux piquets, que nous supposons plantés à environ dix toises les uns des autres, il faut tendre un cordeau de l'un de ces piquets à l'autre, & faire glisser un papier le long de ce cordeau, jusqu'à ce que vous l'apperceviez au travers des pinnules : faites planter un piquet de marque au point où se trouve le papier, qui sera le point que vous cherchez.

Il peut arriver que l'endroit où la ligne visuelle Mh coupe la ligne de direction entre deux piquets, entre lesquels il y ait un ravin profond ou un précipice de 25 à 30 toises de large, plus ou moins, où vous ne puissiez pas tendre un cordeau, & encore moins y faire glisser un signal ; dans ce cas, voici le parti qu'il y a à prendre.

Supposons que votre ligne de vue Mh , au lieu de passer par le piquet h (*fig. 34, pl. V*) ou par le piquet f , passe par le point d entre ces deux piquets, & au dessus du ravin fph ; supposons en même tems qu'il y ait 30 toises au moins de distance entre les piquets fh : il s'agit alors de trouver au fond du ravin le point P , auquel le point d en l'air est perpendiculaire ; c'est-à-dire le point p de la ligne qui tombe perpendiculairement depuis d sur le point X de la galerie : voici la manière d'y parvenir.

Il faut d'abord choisir entre les deux piquets fh , celui du côté duquel le ravin est plus praticable, comme ici le piquet f ; ensuite, du point M , au lieu de prendre l'angle de 125 degrés 4 min. que vous avez trouvé par le calcul, & que vous devez noter, il faut diriger

l'alidade du récipiangle vers le piquet *f*, & prendre l'angle qu'il vous donnera, qui sera moindre que le premier, que nous supposons ici de 120 degrés; ce qui vous donnera un second triangle *B f M*, dans lequel vous connoissez deux angles & un côté; savoir, l'angle *B* de 42 degrés ci-dessus, l'angle *M* de 120 degrés, & le côté *BM* de 80 toises. Faites la réduction de ce triangle par le problème du Chapitre IV, pour avoir le côté *B f* qui se trouvera de 274 toises, qui sera la distance en ligne droite du piquet *f* au point ou à l'entrée de la galerie *B*. Si vous ôtez ce nombre de toises des 294 5 pieds, distance du point *d* au même point *B*, il vous restera 20 toises 5 pieds depuis le piquet *f* au point *d*. Du point *f* prenez avec le demi-cercle une ligne indéfinie qui se termine en *P* au fond du ravin, & qui fasse avec la ligne *f h* un angle quelconque, que nous supposerons de 46 degrés. Or nous avons vu ci-devant que la perpendiculaire ou la ligne d'aplomb fait, sur la ligne de direction *B f h*, un angle de 57 degrés, qui sera le même en *d*, puisqu'il est sur la même ligne, & par conséquent l'angle en *P* sera de 77 degrés; ce qui vous donnera le triangle

SOUTERRAINE. 163

$f d p$, dont vous connoissez les angles & le côté $f d$, 20 toises 5 pieds ; pour avoir maintenant le point p , où tombe la ligne $d p$, faites cette analogie.

Le finus de l'angle p : 77 degrés :

Au côté $f d$ 20 toises 5 pieds : :

Le finus de l'angle d 57 degrés :

Au côté $f p$ que vous trouverez de 17 toises 5 pieds $\frac{1}{2}$.

Prenez ensuite ces 17 toises 5 pieds $\frac{1}{2}$ sur la ligne $f p$ le long du ravin, & vous aurez le point P que vous cherchez au fond du ravin, & qui sera perpendiculaire au point X de la galerie $C Q F F$.

SCHOLIE.

Nous avons observé ci-devant, qu'en prenant votre ligne de direction $B h$ (fig. 34, pl. V), il peut se rencontrer des rochers ou des hauteurs g qui vous empêchent de voir le point h , & par conséquent de prendre l'angle vertical que ce dernier point fait avec l'horizontale $B X$; ce qui est pourtant indispensablement nécessaire, pour trouver le point h ou d perpendiculaire à X . Voici la maniere de vous y prendre.

Commencez par prendre l'angle vertical que fait le point g avec l'horizontale BX , que nous supposons de 40 degrés. Du point g abaissez la perpendiculaire go , qui est censée tomber perpendiculairement sur la ligne de direction dans l'intérieur de la montagne au point O , ce qui donnera le triangle BGO , dont il faut trouver tous les côtés; car l'angle O étant droit, & l'angle B de 40 degrés, l'angle g sera de 50 deg. Mais cela ne suffit pas pour connoître les côtés; & comme les côtés BO . go sont censés dans l'intérieur de la montagne, il n'y a que l'hypoténuse du côté Bg , dont on puisse chercher la valeur pour avoir celle des autres; ce que vous exécuterez de cette manière: Tirez à volonté la base BN de 50 toises de longueur, plus ou moins, suivant la commodité, & qui fasse avec la ligne de direction un angle à volonté, que nous supposons de 40 degrés. Du point N dirigez votre instrument vers g , pour prendre l'angle gNB , que nous supposons de 130 degrés; ce qui vous donnera le triangle BNG , dans lequel vous connoissez deux angles B de 40 degrés, N de 130 degrés, & par conséquent g de 10 degrés, & le côté BN de

50 toises que vous résoudrez, & vous aurez le côté Bg de 220 toises 4 pieds.

Ce côté est l'hypoténuse du triangle BOg , dont vous connoissez les angles ci-dessus; & après en avoir fait la résolution, vous aurez pour le côté BO 168 toises 5 pieds, & pour le côté go 141 toises 5 pieds.

Or, puisque le point O est à 168 toises 5 pieds de distance du point B , il ne sera plus éloigné que de 81 toises un pied du point X , que nous avons établi à 250 toises de distance du point B . Cela fait, au point g prenez la ligne horizontale gq , de maniere qu'elle passe par la ligne de direction fh . Il est constant que si le terrain vous permet de prendre sur cette ligne gq 81 toises un pied gr , vous aurez le point cherché r , parce que cette ligne est tout à la fois perpendiculaire, parallele & égale à la ligne OX ; mais si l'extrémité de la ligne tomboit au milieu du ravin fph , il faudroit d'abord mesurer sur cette ligne la distance qf , ou par les points d'un triangle établi sur cette distance, que nous supposerons de 75 toises 4 pieds; il vous restera 5 toises 3 pieds qui anticiperont sur le ravin, & qui formeront la base d'un trian-

gle rectangle frp , dans lequel la base fr a 5 toises 3 pieds ; l'angle r est droit , l'angle f est supposé trouvé de 38 degrés ; ce qui vous donnera le point p , qui est le point cherché, & qui sera perpendiculaire au point X . *C. Q. F. F.*

On peut observer par les nombreuses opérations que peut exiger la solution du problème que nous venons de résoudre , combien il est important de se rendre familiers les calculs de trigonométrie rectiligne , & combien il est à propos de savoir prendre des bases hors d'œuvre , pour mesurer une ligne que les inégalités du terrain ne vous permettent pas de mesurer avec la chaîne ; nous dirons plus : c'est que lorsqu'on a des bons instrumens pour prendre les angles avec exactitude , le calcul est toujours préférable aux mesures actuelles.

P R O B L E M E IX.

Niveler un terrain quelconque.

Niveler un terrain, c'est mesurer de combien un endroit de ce terrain est plus élevé qu'un autre.

Il y a deux manieres de niveler un ter-

rain. La premiere se fait par le calcul de la trigonométrie rectiligne, en prenant des angles verticaux qui sont toujours rectangles, & dont on doit toujours connoître & mesurer l'hypoténuse pour avoir les autres côtés.

La seconde maniere de niveler, se fait avec un instrument qu'on appelle niveau. Il y en a de plusieurs sortes; mais dans les travaux des mines, on ne se sert guères que du demi-cercle.

SOLUTION.

Soit. proposé de niveler le terrain ABC (*fig. 36, pl. V*). Pour faire commodément cette opération, on doit avoir une règle de 8 à 10 pieds évidée sur toute sa longueur. On place dans cette échan-crure une autre règle de même longueur, qu'on fait glisser le long de la renure; on nomme la premiere la règle fixe, la seconde la règle mobile, parce qu'elle se hausse ou se baisse le long de la premiere. La règle mobile est percée d'une petite fente sur toute sa longueur, à l'exception de trois pouces à chacune de ses extrémités; on fait glisser le long de cette fente un bouton de cuivre sur lequel on a soudé une petite plaque de fer blanc

quarrée, & peinte en dehors pour servir de point de mire, & l'on place cette plaque en la faisant couler le long de la fente, plus ou moins haut, suivant la pente du terrain qu'on se propose de niveler : de cette maniere, on peut prendre une hauteur de 15 à 18 pieds à chaque station ou à chaque coup de niveau, parce qu'on souleve la règle mobile avec la pointe d'un bâton, lorsqu'on ne peut plus y atteindre avec la main; ce qui est fort commode dans les terrains rapides.

La règle fixe est seulement divisée par pieds, la mobile est divisée par pieds, pouces & lignes; & l'on a toujours soin de placer le bord supérieur de la plaque sur une division de pied. Les numéros des divisions de la règle fixe se comptent de bas en haut, ceux de la règle mobile se comptent de haut en bas, parce qu'alors il n'y a qu'à joindre la somme des deux nombres pour savoir la hauteur du niveau.

Nous observerons ici, que lorsqu'on nivelle de bas en haut, comme du pied d'une montagne à son sommet, le Géometre doit aller en avant, & laisser son point de mire en arriere, & que ce doit être tout le contraire, en nivelant de haut en bas, où l'on doit toujours faire précéder

précéder le point de mire, ou l'homme qui porte la règle.

Maintenant pour procéder au nivellement du terrain proposé, ou tout autre, placez votre règle en *A*, & portez votre demi-cercle en *d*, tournez les alidades vers la règle ; ensuite disposez le demi-cercle de maniere que la soie qui porte le plomb se trouve exactement sur la division des degrés marqué 0. Faites alors hausser ou baisser le point de mire, jusqu'à ce que vous apperceviez le bord supérieur au travers des pinnules, comptez alors sur vos règles la hauteur en pieds, pouces & lignes où se trouve le bord supérieur de la plaque ; retranchez de cette somme la hauteur du centre du demi-cercle, le restant fera le nombre de pieds, de pouces & de lignes dont le point *d* est plus élevé que le point *A* : portez ensuite l'instrument en *e* & la règle en *d*, & répétez la même opération, en observant toujours de diminuer la hauteur du centre de l'instrument de celle du point de mire, & de noter sur le papier les hauteurs trouvées à chaque station, & parvenu au point *B*, vous additionnez toutes ces hauteurs, dont la somme vous donnera la hauteur du point *B*, au dessus

du point A , pour favoir de combien il est au dessus du point C ; placez votre instrument en B , & envoyez la règle de mire en f ; puis , après avoir pris cette hauteur , placez l'instrument en f , & envoyez la règle en h , & ainsi de suite , & vous aurez la hauteur que vous cherchez.

Lorsqu'on prend des grands points de niveaux d'un seul coup , comme de 12 à 1500 toises , on est obligé de faire une petite correction à la hauteur trouvée , à cause de la convexité du globe terrestre ; mais dans les Mines , ces sortes d'opérations n'ont guère lieu que dans des montagnes où il n'est pas question de ces corrections.

PROBLEME X.

Mesurer la profondeur verticale d'un puits incliné.

SOLUTION.

Soit x à r le puits incliné , (fig. 35 , planche V.) dont on veut connoître la profondeur verticale $x t$, si le puits a la même inclinaison du haut en bas , une

seule opération suffit. Mais s'il change d'inclinaison comme ici, en ur , il en faut nécessairement deux.

Pour cet effet, prenez l'angle que fait la déclinaison du puits avec la perpendiculaire xf , ou bien, avec l'horizontale xz , que nous supposerons de 30 degrés sur la perpendiculaire, ou de 60 sur l'horizontale; mesurez exactement la longueur xu , que nous évaluerons de 22 toises, ce qui vous donnera le triangle rectangle xuf sur la perpendiculaire, ou xuq sur l'horizontale; dans le triangle xuf , vous avez l'angle f droit, l'angle x de 30 degrés, & par conséquent l'angle u de 60 degrés, avec le côté xu de 22 toises dans le triangle xuq : vous avez le même côté & l'angle x de 60 degrés, & l'angle u de 30 degrés. Faites la solution de l'un ou de l'autre de ces triangles, & vous aurez la hauteur verticale xf , ou qu de 19 toises.

Faites ensuite la même opération sur le côté ur , pour avoir la hauteur hr , ou ft , que nous supposons de 5 toises, que vous ajouterez à 19 toises ci-dessus, & vous aurez 24 toises pour la hauteur xt , ou zr , qui sera la hauteur verticale du puits. C. Q. F. F.

PROBLEME XI.

Lever le plan des travaux souterrains d'une mine.

SOLUTION.

Cette opération ne peut guère s'exécuter qu'au moyen du cordeau & de la fausse équerre. (*fig. A D planche II.*) Il faut commencer par mesurer les deux galeries AB, BG, (*fig. 37, planche V.*) qui représente la coupe de la montagne au centre de laquelle sont pratiqués les travaux *b d s p*, dont il faut lever le plan. Du point *b*, tendez un cordeau en *d*, & du même point *b*, tendez-en autre en *g*, voyez avec votre fausse équerre l'angle que ces deux cordeaux font au point *b* que vous noterez sur un papier sur lequel vous tracerez à peu près la figure du plan; à mesure que vous le mesurez, notez le côté *bg* en mesurant la distance *bg* sur le cordeau que vous pouvez détendre après avoir fait une marque au point *g* sur lequel vous serez obligé de revenir; du point *d* au point *e* tendez un cordeau & prenez l'angle que les deux cordeaux font en *d*, détendez vos cordeaux, & prenez les mesures *b d*,

que vous noterez sur votre brouillon : il faut également noter les petites inégalités qui se trouvent entre les cordeaux & le rocher. Cela fait , tendez le cordeau de c en e pour mesurer la distance ce qu'il faut noter ; on mesure ces sortes de distance en passant le cordeau sur une toise graduée , à peu près comme les Marchands mesurent du ruban sur leur aune.

Cela fait , prenez , avec le cordeau , la distance $e i$, ainsi que l'angle que fait le cordeau de avec le cordeau $e i$: comme c'est ici un ouvrage en échelons , que les Allemands appellent *Stroß* , il faut le noter.

Prenez la distance $i h$ avec les angles $i h f$; tendez ensuite votre cordeau sur fo , & un autre mk ; prenez l'angle m , ainsi que la longueur des côtés mf mk ; puis tendez vos cordeaux de k en h , & de h en i , prenez l'angle h , ainsi que la longueur de ses côtés.

Tout cela noté sur votre brouillon , mesurez la profondeur de votre puits souterrain mn , en Allemand *hall* , en faisant tomber un cordeau d'à plomb , s'il est perpendiculaire , ou en tendant ce même cordeau le long de sa longueur , s'il est

incliné ; tendez ensuite ce cordeau $o p$ en prenant l'angle o avec la perpendiculaire du puits , mesurez la ligne $o p$ ainsi que son contour en p ; tendez votre cordeau $p q$ & un autre $q r$; mesurez ces deux côtés , & prenez l'angle q & en laissant tendu le cordeau $r q$ tendez l'autre en $r f$; prenez l'angle r & la longueur $r f$, laissez le cordeau $r f$ tendu , & tendez l'autre sur $f l$; prenez l'angle f & mesurez le côté $f l$, laissez le cordeau $f l$ tendu , & tendez l'autre sur $l n$, prenez l'angle l & mesurez le côté $l n$; de cette maniere , vous aurez tout votre plan tracé sur votre brouillon , il ne s'agit plus que de le mettre au net sur le papier.

Pour cet effet , ayez votre échelle & votre rapporteur ; prenez d'abord la longueur AB Bg de vos galeries , ensuite tracez vos côtés & les angles qui sont entr'eux , tels qu'ils sont notés sur le brouillon , en ponctuant toutes ces lignes. Puis vous finirez votre plan en traçant en dehors de ces lignes les petites inégalités que vous aurez notées sur ce brouillon , & vous aurez le plan proposé. On ne doit point oublier de marquer dans un endroit du plan , ou dans un cartouche

qu'on place au coin de la feuille; 1°. la direction des travaux, 2°. leur inclinaison, c'est-à-dire l'angle qu'ils font avec l'horison, & enfin l'échelle du plan.

On ne sauroit croire combien il est gracieux & utile dans des travaux des mines un peu considérables, d'en avoir un plan exact, outre qu'on voit le progrès du travail, c'est qu'un connoisseur, en observant la configuration extérieure de la montagne, peut en quelque sorte présumer les endroits où l'on peut naturellement espérer de trouver le plus de minéral.

PROBLEME XII.

Une galerie ou un point dans les travaux souterrains d'une montagne étant donné, trouver de l'autre côté de la même montagne un point où l'on puisse percer une galerie qui aille rencontrer la première ou le point donné en ligne droite, ainsi que le nombre des toises qu'il y aura à percer.

SOLUTION.

Soit la galerie Bg, prolongée en h,
M 4

(fig. 37, planche V.) ou le point h donné dans les travaux souterrains , il s'agit de trouver un point R de l'autre côté de la montagne où l'on puisse percer une galerie qui aille directement en h , & de déterminer le nombre des toises de percement qu'il y aura à faire.

Il faut premièrement , par le Problème VIII de ce Chapitre , prendre la direction de la galerie ou du point h , & sa longueur en ligne droite depuis l'entrée B jusqu'à h que nous supposerons de 230 toises 4 pieds ; ensuite prendre sur la même direction la longueur en ligne droite des côteaux de la montagne BC CD , ainsi que la hauteur perpendiculaire ch , ce que vous exécuterez de cette manière.

Du point B , prenez une ligne visuelle BC qui ait la même direction sur le méridien de la boussole , que celle de la galerie ; faites planter en C un signal à demeure , puis du point B tirez une base quelconque BM de 50 à 60 toises de longueur, plus ou moins, que vous mesurerez exactement; nous la supposerons de 70 toises , parce que plus ces sortes de bases sont longues , plus il est facile d'opérer exactement; mais il faut toujours

diriger cette base de façon que de son extrémité M , on puisse voir les deux points BC : au point B prenez l'angle que la base BM fait avec la ligne BC , que nous supposons de 25 degrés ; & du point M prenez l'angle que la ligne visuelle MC fait avec la base MB , que nous supposons de 147 degrés, ce qui vous donnera le triangle BCM , dans lequel vous connoissez le côté BM 70 toises, l'angle B 25 degrés, & l'angle M de 147 degrés, & l'angle C de 8 degrés ; faites la résolution de ce triangle, & vous aurez pour le côté BC , ou la longueur du coteau de la montagne, 273 toises 3 pieds. Maintenant, pour avoir la hauteur perpendiculaire depuis le point C jusqu'au sol de la galerie, & pour savoir sur quel point de la galerie tombe cette perpendiculaire, il faut prendre l'angle vertical BCh , au point B , que nous supposons de 28 degrés, ce qui vous donnera le triangle rectangle BhC ; l'angle B étant de 28 degrés, l'angle C , qui est son complément, sera de 62 degrés ; faites la résolution de ce triangle, & vous aurez pour le côté Bh , 241 toises 5 pieds, & pour le côté Ch , ou la perpendiculaire Ch .

128 toises 4 pieds : mais nous avons établi ci-dessus que la distance Bh , est de 230 toises 4 pieds, donc cette perpendiculaire, tombe en u à 11 toises 1 pied au delà du point h ; notez toutes ces mesures sur le papier, après quoi vous prendrez la longueur du côteau CD ; pour cet effet, prolongez la ligne de direction de C en G , par les méthodes que nous avons détaillées; ensuite, si du point C vous pouvez appercevoir le point D , il ne s'agit que de prendre l'angle que la ligne visuelle CD fait avec la perpendiculaire Cu pour avoir un triangle rectangle CDu ; mais il arrive pour l'ordinaire que les sommets des montagnes forment une espèce de convexité CE , plus ou moins irrégulière, qui empêche de voir le point D , & qu'il faut nécessairement mesurer sur la ligne de direction, prolongée pour cet effet.

Soit cette convexité CGE du point C , prolongez la direction depuis C jusqu'au point E , où vous puissiez observer le point D , c'est-à-dire, le pied de la montagne en D . Cela fait, observez l'angle vertical CG & mesurez l'hypoténuse G , pour avoir le triangle rectangle CGx que vous resoudrez, & dont nous supposons que

vous trouviez la base Cx de 40 toises , & le côté Gx de 5 toises : prenez ensuite l'angle vertical GE pour avoir le triangle rectangle vertical GFE , mesurez la base GE , & faites la réduction de ce triangle pour avoir la base FE , que nous supposons de 60 toises , & le côté GF de 9 toises ; ajoutez la valeur de deux bases Cx 40 toises , & FE 60 toises pour avoir la distance horizontale CE , qui fera de 100 toises. Si maintenant on imagine qu'une ligne d'aplomb ou une perpendiculaire tombe du point E sur la ligne prolongée $BkuR$, elle tombera sur cette ligne en y à 100 toises de distance du point u , puisque Cu est un perpendiculaire , & qu'il y a 100 toises de distance de C à E , & par là y il se trouvera 111 toises 1 pied de distance du point h , & à 341 toises 5 pieds de l'entrée de la galerie en B : & comme la hauteur GF est plus grande que la hauteur Cx de 4 toises , il s'en suit que le point E est plus bas que le point C de 4 toises , & par conséquent la hauteur $E y$ fera de 124 toises 4 pieds.

Il ne s'agit donc plus que d'avoir le triangle rectangle vertical $E y R$ pour avoir la solution du problème ; mais , pour cet effet , il faut prendre le trian-

gle rectangle vertical $E\gamma D$ pour déterminer le point R sur l'hypoténuse ED ; pour cet effet , cherchez la longueur du côté CD , au moyen d'une base pratiquée en E ou en D que nous supposons de 197 toises 3 pieds , prenez l'angle vertical en D ou en E , que nous supposons de 40 degrés en D , & conséquemment de 50 en E , ce qui vous donnera le triangle rectangle EDZ , dont l'hypothénuse ED , & les angles sont connus , & dont la résolution vous donnera pour la perpendiculaire EZ , 127 toises , & pour le côté ZD 151 toises 2 pieds.

Or nous avons trouvé ci-dessus que la perpendiculaire $E\gamma$, qui est la même que EZ prolongée , est de 124 toises 4 pieds , & par conséquent le point D se trouve plus bas que le point R de 2 toises 2 pieds , & conséquemment le pied de la montagne en D & plus bas , de 2 toises 2 pieds qu'en B .

Si maintenant vous prenez avec le niveau sur la ligne de direction , la hauteur verticale de 2 toises 2 pieds , depuis D en R , vous aurez le point R proposé par le problème. Il est question maintenant de savoir combien il y a de toises de perce-

ment à faire, qui est la seconde proposition du problème. Pour cet effet, vous observerez que vous avez le côté $E\gamma$ d'un triangle vertical $E\gamma R$, que l'angle γ est droit, & que si la ligne ED passe par le point R , l'angle R sera de 40 degrés, & l'angle E de 50 degrés; & dans ce cas vous ferez la réduction du triangle qui vous donnera pour le côté γR 148 toises 4 pieds.

Si la ligne DE passe dans l'air, éloignée de R , il faut prendre sur le point E l'angle vertical ER pour avoir les angles aigus & faire la résolution du triangle rectangle $E\gamma R$, comme ci-dessus, & alors le côté γR sera moindre d'une quantité que vous noterez.

A présent pour déterminer la longueur du percement, il faut se rappeler 1°. que la perpendiculaire Cu est à 11 toises 1 pied du point h , à l'extrémité des travaux ou de la galerie Bh ; 2°. que la perpendiculaire $E\gamma$ est à 100 toises du point u , si vous ajoutez à ces deux quantités le côté γR 148 toises ou moins, si la ligne DE ne passe pas par le point R , vous aurez la distance hR de 259 toises 5 pieds, qui est la longueur du percement proposé. *C. Q. F. F.*

181 LA GEOMETRIE

Les opérations détaillées ci-dessus sont applicables à tous les autres cas possibles, soit que le point R soit proposé sur la ligne de direction comme ici. Soit qu'il soit proposé à tout autre point de la montagne; toute la différence qu'il y aura, c'est que les angles peuvent devenir horisontaux au lieu de verticaux.

PROBLEME XIII.

Connoître la distance de deux ou plusieurs travaux, pratiqués dans la même montagne, entre lesquels il n'y a aucune communication.

SOLUTION.

La situation de ces travaux entr'eux peut varier en bien de manieres, qui toutes peuvent se réduire à trois cas différens, 1°. lorsqu'ils sont sur le même filon, les uns au-dessus des autres, ou en avant les uns des autres; 2°. lorsqu'ils sont sur deux filons perpendiculaires ou inclinés; 3°. lorsqu'ils se trouvent sur deux filons horisontaux, ou sur un même filon horisontal: il s'agit

SOUTERRAINE. 183
de résoudre le problème dans tous ces cas.

PREMIER CAS,

Lorsque les travaux se trouvent sur le même filon.

SOLUTION.

Soit dans la montagne ABD, (*fig. 38, planche V.*) les travaux EFG; on demande les distances d. e. F b. E X.

Du point C prenez l'angle vertical CB, c'est-à-dire, sur la direction du filon, mesurez la distance CB en ligne droite par les méthodes que nous avons expliquées aux deux problèmes précédens. Abaissez la perpendiculaire Bm, faites la résolution du triangle rectangle Bme, pour avoir la distance Bm; prenez ensuite l'angle vertical HB, ainsi que la distance, pour avoir le triangle rectangle BmH, faites-en la résolution pour avoir le côté mH, ajoutez Cm à mH, la somme vous donnera la base de la montagne CH: mesurez ensuite les longueurs des travaux Cd HG; ajoutez ces deux

longueurs , retranchez la somme de la valeur de la base , le restant sera la distance de C ce qui est évident.

Pour la distance Fb , commencez par niveler la hauteur de C en I , pour avoir la distance verticale de la galerie C à la galerie I ; du point F faites tomber une perpendiculaire sur la ligne Cd , en n mesurez exactement la distance Cn le long de la galerie Ce prolongée en n , prenez ensuite l'angle CI , vous aurez le triangle CnI , dont vous connoissez les deux côtés Cn CI , & l'angle C , & dont la résolution vous donnera le côté nI , ainsi que l'angle n ; si cet angle est droit vous épargnerez l'opération suivante ; mais s'il est aigu ou obtus , il faut supposer une perpendiculaire no , ce qui vous donnera un triangle Ino dans lequel vous connoissez l'angle droit O : le côté no trouvé par le nivellement , & l'angle n qui est le complément de l'angle ci-dessus CnI ou Cn , ainsi la résolution de ce petit triangle vous donnera le côté Io ; tout cela fait & noté sur le papier , mesurez la distance oq , prenez la hauteur qb des travaux , & tirez la parallèle bp , sur laquelle vous prendrez la distance $br = qo$.

Ensuite

Ensuite retranchez 1°. de la hauteur no , connue par le nivellement, la hauteur connue $ro = qb$, ensuite retranchez encore de la même hauteur no la hauteur nF des travaux intérieurs F , il vous restera Fr pour le côté connu du triangle $Fr b$ rectangle en r dont vous connoissez également le côté $rb = oq$ & dont la résolution vous donnera l'hypoténuse Fb , qui est la distance cherchée.

Il nous reste maintenant à chercher la distance Ex : pour cet effet, du point H prenez l'angle HB sur la direction du filon, mesurez ensuite l'hypoténuse BH , c'est-à-dire le côteau de la montagne HB , pour avoir un triangle BmH rectangle en m , dont la résolution vous donnera les deux côtés Bm & mH .

Ensuite du point I prenez l'angle IB , & mesurez la distance de B en I sur la direction du filon, ce qui vous donnera le triangle BuI rectangle en u , & dont la résolution vous donnera les côtés Bu , Iu .

Ajoutez au côté Bu la hauteur uE , & retranchez BE de Bm ; sur le restant Em retranchez la hauteur xS , ou son égale tm , le restant Et sera un côté con-

nu du triangle Etx ; pour connoître le côté tx , retranchez HS de hm , le restant $fm = tx$ sera le côté connu tx , & par là vous aurez le triangle Etx rectangle en t , dont la résolution vous donnera l'hypoténuse Ex , qui est la distance cherchée. Cette méthode a lieu, soit que le filon soit perpendiculaire, soit qu'il soit incliné; mais, dans ce dernier, il faut toujours avoir soin de mesurer les côtés CB , HB sur l'inclinaison du filon. Nous ajouterons ici que si la montagne étoit de façon qu'on ne pût mesurer ses côteaux par un seul point de vue, il faudroit le faire par plusieurs triangles, dont les bases donneroient toujours les côtés Iu , Hm , ainsi que la perpendiculaire Bm d'où dépend toute l'opération.

SECOND CAS.

Lorsque les travaux se trouvent sur deux filons différens dans la même montagne.

SOLUTION.

La figure 39 (*planche V.*) représente une partie de la base de la montagne dans laquelle les travaux ED de la figure

40 se trouvent situés. La figure 40 représentera une coupe verticale de la même montagne sur la ligne IK de la figure 39, & où les mêmes travaux DE sont vus de front.

Cela posé, soit la figure 39. ABC la méridienne; si les travaux, ou plutôt leurs filons, avoient la même direction, ils seroient parallèles, & par conséquent leur distance DE seroit la même que AB, en supposant la ligne IK parallèle à AB; mais si les filons ont une déclinaison différente, il faut chercher la distance DE par la méthode suivante.

Supposons que le filon ADG décline sur la méridienne AC de 25 degrés à l'est, & que le filon BEF décline du même côté de 35 degrés: cela posé, au point H, sur le contour de la montagne d'où vous puissiez voir les deux points A & B, prenez l'angle AHB; mesurez les distances AH & BH pour avoir le triangle ABH dont la résolution vous donnera la base AB & les angles A & B.

Du point A prenez l'angle HAD, retranchez de cet angle l'angle trouvé HAB, le restant sera l'angle BAD.

Du point B abaissez la perpendiculaire BM, ce qui vous donnera le triangle

AMB rectangle en M, dans lequel vous connoissiez l'angle A & l'hypoténuse AB, & dont la résolution vous donnera les côtés AM, BM.

Cette opération vous fera déjà connoître la distance à angle droit de M en B.

Maintenant mesurez la longueur de la galerie BE & la longueur AD; sur cette dernière longueur, prenez la distance MD; puis sachant que le filon BEF décline de 10 degrés de plus que le filon ADG, du point E tirez la ligne indéfinie EL, qui fasse avec la ligne BE un angle de 10 degrés, & qui, à cause de la différence des déclinaisons des filons, sera parallèle à MD.

Du point B tirez sur la ligne EL la perpendiculaire BL, ce qui vous donnera le triangle BEL rectangle en L, & dans lequel vous connoissiez le côté BE & l'angle E; la résolution de ce triangle vous donnera les côtés LE, BL.

Retranchez premièrement le côté LB du côté connu MB, pour avoir la distance LM; ensuite sur le côté LE prenez la distance MD au point N, & de ce dernier point abaissez la perpendiculaire ND dont la longueur sera égale à LM, puisque LE & MD sont parallèles; ce

qui vous donnera le triangle NDE dans lesquels vous connoissez les côtés ND, NE, & dont la résolution vous donnera enfin l'hypoténuse DE, qui sera la distance cherchée, si les deux ouvrages se trouvent sur un même plan horisontal.

Mais si ces travaux se trouvent plus élevés les uns que les autres, il faudra connoître, par le nivellement, la différence horisontale entre l'entrée des deux galeries A & B; cette différence fera le côté PQ d'un triangle rectangle PQR, qu'il faut tracer à part, & dont le côté PR sera égal à DE. La résolution de ce triangle vous donnera l'hypoténuse RQ, qui, dans ce cas, sera la distance cherchée. C. Q. F. F.

TROISIEME CAS.

Lorsque les travaux se trouvent sur un ou deux filons horisontaux.

SOLUTION.

Soit que les travaux se trouvent sur un même filon horisontal, soit qu'ils se trouvent sur des filons les uns au dessus des autres, on ne doit point employer d'autre méthode que celle que nous ve-

nous d'employer pour le second cas , où nous avons d'abord supposé que ces travaux étoient sur un même plan horifontal dans la fig. 39, & cette méthode ne consiste que dans la résolution de quatre triangles , pour avoir la distance cherchée DE , quelques situations que ces travaux aient les uns à l'égard des autres. Toute l'attention qu'il faut avoir , c'est que lorsque ces travaux se trouvent sur des hauteurs différentes, il faut prendre ces hauteurs avec le niveau , & en faire le côté d'un triangle rectangle , comme RPQ. Dans ce triangle , où tous les côtés sont connus , on a le côté RP , qui représente la distance cherchée , lorsque les travaux sont dans un même plan horifontal ; le côté RQ représente la même distance , lorsque ces travaux se trouvent plus hauts les uns que les autres ; & le côté PQ représente la distance verticale des travaux.

Nous devons avertir ici que lorsqu'on est dans le cas de faire des opérations de cette nature , qui sont en quelque sorte compliquées , on doit toujours avoir soin de tracer sur un brouillon la figure des angles à-peu-près , & les longueurs des côtés à mesure qu'on les prend sur le

terrain , sans quoi on risque de se tromper , à moins qu'on ne soit très-versé dans ce genre de travail.

PROBLEME. XIV.

Trouver sur le coteau d'une montagne un point où l'on puisse faire un puits qui corresponde en tout sens à un puits souterrain pratiqué dans la même montagne , & déterminer de combien de toises de profondeur sera ce puits.

SOLUTION.

Lorsque le puits souterrain est perpendiculaire , la solution de ce problème est la même que celle du problème IX : car c'est la même chose de trouver sur le coteau d'une montagne un point qui soit perpendiculaire à un point donné dans son intérieur , que de trouver sur ce même coteau un point où l'on puisse établir un puits perpendiculaire à un autre ; mais si ce puits souterrain est incliné , & qu'il en faille construire un supérieur qui ait la même inclinaison & qui lui réponde en tout sens , il faut s'y prendre d'une autre manière.

La solution que nous allons donner

ici de ce problème pour les puits inclinés, pourra également s'appliquer aux puits perpendiculaires.

Supposons qu'au puits souterrain incliné DH (*fig. 41, pl. V.*) il faille en construire un autre GD qui réponde au premier. Il s'agit de trouver le point G sur le côté de la montagne où l'on doit établir ce puits; pour cet effet, mesurez la longueur de la galerie AB , que nous supposons de 90 toises, ensuite la profondeur du puits BC supposée de 15 toises, puis la distance CD supposée de 45 toises; notez toutes ces mesures sur le papier.

Prolongez idéalement la ligne AB en E , de façon que BE soit égal à CD , & par conséquent E sera perpendiculaire en D , & la distance AE sera de 135 toises. Cela fait, sur la direction de la ligne AE , prenez sur le côté AF une longueur en ligne droite AE qui excède la longueur AE de 15 à 20 toises plus ou moins. Et afin de prévenir les difficultés, nous supposerons que du point A vous ne pouvez pas voir le point F , à cause des élévations NP ; dans ce cas, prenez l'angle AN & la distance NA du point N ; abaissez la perpendiculaire NO rectangle en O ;

faites la résolution de ce triangle pour avoir les côtés NO que nous supposons de 12 toises, & le côté AO de 25 toises, & pour lors la distance OE sera réduite à 110 toises.

Supposons encore, après cette première opération, que la hauteur P vous empêche de voir le point F; dans ce cas, prenez l'angle NP, ainsi que la distance PN, pour avoir le triangle PQN, dont nous supposons que la résolution vous donne pour le côté NQ 60 toises, & le côté PQ 26 toises; si vous ôtez 60 toises de 110 OE, il vous restera 50 toises pour atteindre la perpendiculaire DE.

Prenez ensuite l'angle PF, & mesurez la distance FP; abaissez la perpendiculaire FR pour avoir le triangle en PRF rectangle en R, dont la résolution vous donnera le côté PR que nous supposons de 62 toises; mais nous venons de voir qu'il faut que ce côté n'ait que 50 toises pour que R soit perpendiculaire à ED, & par conséquent le côté PR est trop long de 12 toises qu'il faut retrancher de R en S, ainsi PS sera le vrai côté; mais comme S se trouve dans la montagne & n'est point accessible, il faut donc chercher à quel point il répond sur la base PF tracée sur le terrain,

Pour ce faire, élevez la perpendiculaire ST pour avoir le triangle PST rectangle en S, & dans lequel vous connoissez l'angle P pris sur F, l'angle droit & le côté PS, & dont la résolution vous donnera le côté ST supposé de 8 toises, & l'hypoténuse PT qui sera de 51 toises 1 pied; prenez de P en T 51 toises 1 pied, & plantez un piquet sur le point T, qui sera perpendiculaire aux points ED.

Si le puits D étoit perpendiculaire, le problème seroit résolu, & le puits TD auroit 61 toises de profondeur, qui est la somme des côtés supposés TS. PQ. NO. BC.

Mais comme le puits D est censé incliné, il nous reste quelques opérations à faire pour avoir le point G; ainsi après avoir déterminé le point T perpendiculaire au point D, il faut descendre sur la surface de ce puits, mesurer sa profondeur DH que nous supposons de 18 toises, & prendre son angle d'inclinaison HDV que nous supposons de 10 degrés, ce qui donnera le triangle VDH rectangle en V, dont il faut faire la résolution, qui vous donnera le côté DV de 17 toises 4 pieds, & pour le côté

HV 3 toises un pied ; puis prenez la hauteur perpendiculaire SD, trouvée par les côtés PQ. NO. BC, qui, par les suppositions, est de 53 toises. Cela fait, vous ferez cette analogie : Si 17 toises 4 pieds, hauteur perpendiculaire DV, du puits DH, donne 3 toises 1 pied d'inclinaison, combien donneront 53 toises SD, hauteur perpendiculaire de D en S ? Vous aurez pour quatrième terme 9 toises 3 pieds. Prenez ces 9 toises 3 pieds de S en X, tirez la ligne DX, qui sera la même que HD prolongée en X, & par conséquent le côté du lit du puits cherché.

Mais le point X ne sort pas de la montagne ; il faut encore chercher à quel point de la ligne PE se termine la ligne DX prolongée en G : pour cet effet, il faut se rappeler que le côté PS est de 50 toises, d'où ayant retranché SX de 9 toises 3 pieds, il restera PX de 40 toises 3 pieds, ce qui vous donnera le triangle oblique P G X, dans lequel l'angle X est égal à l'angle H du fond du puits de 50 degrés, puisque la même ligne G H coupe les deux parallèles VH & PS ; l'angle P est connu, puisque c'est l'angle vertical sur PGF, & que nous supposons de 12 degrés, le côté PC de 40

toises 3 pieds. En faisant la résolution de ce triangle, on trouvera le côté x G de 9 toises 1 pieds, & le côté P G de 39 toises 5 pieds; ainsi le point G se trouve à la distance du point P de cette quantité de 39 toises 5 pieds sur la ligne de direction des travaux APF.

Il s'agit maintenant de savoir de combien de profondeur sera le puits G D; pour cet effet, il faut d'abord calculer SDX rectangle en S, & dans lequel on connoît le côté SX trouvé ci-dessus de 9 toises 3 pieds, l'angle XDS de 10 degrés, parce qu'il est alterne de l'angle HDV, & conséquemment l'angle X sera de 8 degrés. En faisant la résolution de ce triangle, on aura pour le côté X D 54 toises 5 pieds, auxquelles il faut ajouter le côté X G trouvé ci-dessus de 9 toises un pied, ce qui fera 64 toises que le puits G D aura de profondeur.

Et afin que le puits G D quadre en tout point avec le puits D H, il faut prendre la direction de ce dernier, ainsi que la longueur de ses côtés, & donner au puits G D le même alignement & les mêmes dimensions.

S C H O L I E.

Jusqu'ici nous avons supposé que l'inclinaison du puits DH est suivant la ligne de direction des travaux, & nous avons été obligés de l'établir ainsi, afin de rendre plus sensibles les différentes opérations qu'exige la solution du problème qui nous occupe; mais dans les travaux des mines, on ne s'avise guère de faire de puits inclinés sur l'alignement des filons ou des travaux; c'est toujours suivant la pente des filons que ces puits sont plus ou moins inclinés, & cette inclinaison est toujours latérale à la direction, soit à droite ou à gauche; & dans ce cas le point G que nous venons de déterminer, ne seroit pas, à beaucoup près, le véritable point correspondant à la surface du puits DH: voici pour lors la manière de trouver ce point.

Il faut d'abord faire la même supposition que nous avons faite, & opérer de la même manière, pour avoir le point G sur la ligne de direction PF, & sa distance du point T qui est perpendiculaire au point D. Or il faut se rappeler que nous avons trouvé ci-dessus la distance

PT de 51 toises 1 pied, & la distance PG de 39 toises 5 pieds; si on ôte cette dernière quantité de la première, il restera 11 toises 2 pieds pour la distance du point G au point T.

Or le point T étant perpendiculaire au point D, il est évident que de quel côté que soit l'inclinaison, le point G se trouvera toujours à 11 toises 2 pieds de distance du point T.

Il ne s'agit plus que de savoir de quel côté le puits D est incliné sur la ligne de direction des travaux: cela fait, au point T tirez une perpendiculaire de part & d'autre de la ligne de direction PF; si le puits D s'incline à droite en entrant dans les travaux, le point G se trouvera à gauche de la ligne PF; ce sera le contraire s'il s'incline à gauche.

Et afin d'ôter jusqu'à l'ombre des difficultés, supposons que la figure 42 représente le dessus du terrain PF de la figure 41, la ligne PF sera la ligne de direction, le point T perpendiculaire au puits souterrain, le point G détermine la distance ou la valeur de l'inclinaison de G en T. Tirez la perpendiculaire yz, & faites TZ ou TY égal à TG. Si l'inclinaison de puits D est à droite, comme

du côté de Z; le point G sera transporté en Y; & si l'inclinaison du puits étoit à gauche, comme en Y, le point G sera en Z à 11 toises 2 pieds de T.

Nous supposons ici que les points *y* & *z* font les mêmes angles verticaux sur T que celui de G; car si les points *y* ou *z* se trouvoient plus haut ou plus bas que G, à l'égard du point T, il faudroit alors y avoir égard de la manière qui suit.

Du point G (*fig. 41*) tirez l'horizontale G*m* pour avoir le triangle G*m*T rectangle en *m*; dans ce triangle vous aurez le côté GT de 11 toises 2 pieds, l'angle G = P 12 degrés, & conséquemment l'angle T de 78 degrés. Faites la résolution de ce triangle, qui vous donnera le côté G*m* de 11 toises, qui est la distance horizontale & constante du point G à la perpendiculaire TD.

Supposons maintenant que le point Y soit plus bas que le point G, à l'égard de T, & que l'angle vertical de Y sur T soit de 14 degrés au lieu de 12, cela formera un triangle Y*m*T & rectangle en M, dans lequel vous connoissez la base constante Y*m* (11 toises), l'angle Y de 14 degrés, & conséquemment l'angle T de 76 degrés. Faites la résolution de

ce triangle pour avoir l'hypoténuse YT que vous trouverez de 11 toises 5 pieds. Si le point Y se trouvoit plus haut que G , & que l'angle vertical de Y sur T ne fût que de 10 degrés, la distance TY ne seroit que de 10 toises 5 pieds. Telle est la maniere de trouver le point proposé dans tous les cas possibles. *C. Q. F. F.*

PROBLEME XV.

Le sommet d'une montagne formant les limites de deux Etats limitrophes, déterminer ces mêmes limites dans l'intérieur de la montagne, & connoître si les travaux pratiqués dans cette montagne anticipent sur le territoire voisin.

SOLUTION.

La solution de ce problème est fort fréquente, sur-tout dans les pays de Newcastle & de Liege, entre les propriétaires des mines de charbon.

Soit la montagne ABC (*fig. 43, pl. V.*) dont le point B , au sommet, forme la limite entre deux pays limitrophes. Il s'agit de connoître la ligne perpendiculaire BF , qui forme la même limite dans l'intérieur

l'intérieur de la montagne ; pour cet effet ; tirez la base AC qui passe sur la direction des travaux pratiqués dans la montagne en SR, & dont la figure représente la coupe ; sur cette base, du point B, abaissez la perpendiculaire BF ; du point A, prenez sur B l'angle vertical, & mesurez la ligne AB pour avoir le triangle vertical ABF rectangle en F, qu'il sera aisé de résoudre.

Mais pour prévepir toute difficulté , supposons que du point A on ne peut point appercevoir le point B, & encore moins mesurer la ligne AB, à cause de divers obstacles qui peuvent s'y trouver ; dans ce cas, du point A prolongez la base CA en D, jusqu'à ce que du point D vous puissiez appercevoir le point B, & faites que le point D soit de niveau avec le point A, & qu'en tenant sur ce point un fil à plomb sur le signal en B, le fil tombe sur le point A, ce qui vous sera aisé, ensuite prenez la hauteur de la montagne avec le niveau. L'opération sera un peu longue, mais elle sera d'autant plus aisée, qu'on n'est pas obligé de suivre aucun alignement, & qu'on peut passer par les endroits les plus aisés ; ce qui n'em-

pêche pas d'avoir la vraie hauteur du point proposé.

Cela fait , mesurez exactement la distance AD que nous supposons de 60 toises plus ou moins, ensuite du point D & sur la base DAC prenez l'angle vertical en B, que nous supposons de 35 degrés plus ou moins, ce qui vous donnera le triangle DFB rectangle en F, dans lequel vous connoissez le côté ou la hauteur BF que nous supposons de 200 toises, ainsi que l'angle D, & dont la résolution vous donnera l'hypoténuse DB de 348 toises 4 pieds, & la base DE de 285 toises 3 pieds.

Retranchez de cette base la distance DA, que nous supposons ici de 60 toises, il vous restera la base AF de 225 toises 3 pieds, ce qui vous donnera le triangle rectangle AFB, dont les deux côtés AF, BF sont connus, & dont vous ferez la résolution par le problème 1^{er}. du Chapitre III. de la troisième partie de cet Ouvrage, & vous aurez l'angle A de 41 degrés, l'angle B de 49 degrés, & l'hypoténuse AB de 304 toises 5 pieds.

Par là vous savez déjà que du pied de la montagne en A, jusqu'à la limite du pays voisin, située dans l'intérieur de la

montagne en F, il y a 225 toises & $\frac{1}{2}$ de distance.

Il s'agit maintenant de savoir si les travaux SR pratiqués dans la montagne & dont l'entrée est en E, anticipent sur les terrains voisins, c'est-à-dire s'ils s'étendent au delà de la limite BF qui régné du haut en bas de la montagne.

Pour cet effet; prenez, avec le niveau, la hauteur verticale AE, c'est-à-dire EG, supposée de 45 toises; & comme vous ne pouvez pas savoir si la ligne AB passe par le point E, prenez l'angle AE que nous supposons de 43 degrés; Faites la résolution du triangle rectangle AEG, dont les angles & le côté EG sont connus, pour avoir le côté AG qui sera de 48 toises 2 pieds.

Otez de AF 225 toises 3 pieds, la ligne AG 48 toises 2 pieds, il vous restera la ligne ou distance FG = EH 177 toises 1 pied, & par conséquent il y aura depuis l'entrée des travaux en E jusqu'à la limite H, 177 toises 1 pied.

Mesurez maintenant la longueur de vos travaux EI; si cette longueur excède le nombre 177 toises 1 pied, l'excédent sera anticipé sur le terrain voisin; si cette longueur est moindre, ce qu'il y aura

de moins sera la distance de l'extrémité des travaux à la limite.

Il faut observer que nous supposons ici la ligne EI horizontale, car si les travaux alloient en descendant comme ER , ou en montant comme ES , il faudroit alors prendre l'angle ER ou ES sur l'horizontale; mesurez ensuite l'hypoténuse ER ou ES pour avoir le côté ET du triangle rectangle ERT ou EST , & alors TH sera la vraie distance des travaux à la limite.

Faites les mêmes opérations sur le triangle BCF que vous avez faites sur le triangle ABF , pour connoître la longueur des travaux VX , à l'égard de la limite BF , & le problème sera résous.
C. Q. F. F.

SCHOLIE.

Si les travaux souterrains se trouvoient au dessous d'une plaine ou d'un terrain uni, la solution du problème seroit simple, parce qu'après avoir pris l'alignement des limites, il ne s'agit que de prendre celui des travaux & leur longueur, & les tracer sur le terrain, pour avoir la distance à la ligne de limite.

PROBLEME XVI.

Un point étant donné dans un vallon, déterminer s'il est possible d'y amener une riviere qui en est séparée par une montagne, & le nombre des toises de perçement qu'il y auroit à faire.

SOLUTION.

Soit C (*fig. 43, pl. V.*) le point donné; ou il s'agit de savoir s'il est possible d'y amener la riviere MN qui se trouve séparée du point C par la chaîne de montagnes PQ.

On peut supposer que ABC représente la coupe de la montagne sur la base NC, & que le point N est l'endroit où l'on peut prendre les eaux de la riviere. Cela posé, prenez avec le niveau le long du côteau AB, la hauteur verticale BF, & notez cette hauteur; puis du point C, & le long du côteau CB, nivelez la même hauteur verticale BF; si vous trouvez cette hauteur plus petite que celle que vous avez notée sur AB, la riviere ne pourra pas être amenée en C, mais si vous la trouvez seulement d'une toise

plus grande, l'exécution du projet sera possible.

Maintenant pour savoir combien il y aura de toises de percement à faire pour exécuter cette entreprise, prenez l'angle vertical A sur B par la méthode expliquée au problème précédent, pour avoir le triangle rectangle AFB dont vous connoissez les angles & le côté BE, & dont la résolution vous donnera la base AF; faites la même chose au point C pour avoir le triangle CBF, dont la résolution vous donnera la base CF; joignez la valeur de ces deux bases, ce sera le nombre des toises de percement projeté. C. Q. F. F.

PROBLEME XVII.

Les eaux incommodant dans un travail souterrain quelconque, déterminer s'il est possible de les évacuer par un percement, & de combien de toises de longueur sera le percement.

SOLUTION.

Soit AB (fig. 44, pl. V.) les travaux au fond desquels l'eau incommode en B;

mesurez la profondeur verticale de ces travaux , que nous supposons de 45 toises , depuis C ou A jusqu'à B , par le problème X. de ce Chapitre ; puis cherchez dans les environs du point C l'endroit le plus bas que vous pourrez trouver , & d'où les eaux puissent avoir leurs cours , comme D ; prenez le nivellement de C en D : si la hauteur que vous aurez trouvée par le nivellement est plus grande que la profondeur des travaux , le percement peut avoir lieu.

Pour savoir maintenant combien il y aura de toises , prenez l'angle vertical de D en C , que nous supposerons de 30 degrés ; puis tirez la ligne horizontale DF , abaissez la perpendiculaire CE ; par cette construction , l'angle C sera de 60 degrés. Nous supposerons la galerie AC horizontale , & par conséquent l'angle ACE sera droit , donc l'angle ACD sera de 150 degrés ; mesurez sur le terrain les deux côtés AC , CD. Nous supposerons AC de 50 toises , & CD de 300 ; tirez la ligne AD pour avoir le triangle ACD , dont la résolution vous donnera l'angle A de 25 degrés 50 minutes , & l'angle D de 4 degrés 10 minutes , & le côté AD de 344 toises 2 pieds.

Cela fait , abaissez la perpendiculaire AF , ce qui vous donnera le triangle AFD rectangle en F , dont l'angle DAF est de 64 degrés 10 minutes , car il est le complément de l'angle CAD trouvé ci-dessus de 25 degrés 50 minutes : le côté DA de 344 toises 2 pieds est connu ; le côté AF est également connu , car il est exprimé par AB supposé ci-dessus de 45 toises , & par la quantité , que D se trouve plus bas que A , que nous supposons de 3 toises ; ainsi le côté AF fera de 48 toises. La résolution de ce triangle vous donnera la base FD de 309 toises 5 pieds.

Cela fait , tirez la ligne BD , qui est la ligne de percement que nous cherchons , & qui vous donnera le triangle BDF rectangle en F , dans lequel le côté BF est de 3 toises supposées ci-dessus , le côté FD est de 309 toises 5 pieds , & par conséquent vous aurez par la résolution de ce triangle , la longueur de la ligne BD , ou du percement , de 310 toises 2 pieds. C. Q. F. F.

S C H O L I E.

Dans les calculs précédents , nous avons supposé que le point D est sur la

ligne de direction de la galerie AG; mais si le point D se trouvoit quelque'autre part, comme en G, il faudroit alors, au lieu de prendre l'angle vertical DC, prendre du point C l'angle GCA, dont le côté AC est horizontal, mesurer les deux côtés CA, CG, tirer la ligne AG, résoudre le triangle ACG pour connoître le côté AG, & pour le surplus, opérer comme nous avons fait ci-dessus.

PROBLEME XVIII.

Connoissant la direction & l'inclinaison d'un filon au sommet, ou dans un endroit quelconque d'une montagne, déterminer l'endroit, au pied de cette montagne, où le filon doit passer.

SOLUTION.

Supposons qu'on ait découvert au sommet de la montagne PB (*fig. 43*) un filon *a b*, dont la direction soit *b N*; supposons encore qu'après avoir sondé ce filon, vous trouviez qu'il s'éloigne de la perpendiculaire de 3 pieds par toises, plus ou moins, vers *d*. Cela supposé, nivelez la hauteur perpendiculaire de la

montagne depuis N jusqu'à b , & supposons que vous trouviez cette hauteur de 250 toises : cela fait, puisque le filon à chaque toise de profondeur perpendiculaire s'éloigne de 3 pieds de cette même perpendiculaire à 250 de profondeur, il s'éloignera de 125 toises ; ainsi au point N & sur la direction bN tirez la perpendiculaire Ne , prenez sur cette perpendiculaire 125 toises en e . C'est sur ce point que vous trouverez le filon, si son inclinaison est constante ; mais comme cette inclinaison est sujette à varier, c'est aux environs de ce point e qu'il faut le chercher, & c'est sur la ligne eB que vous le trouverez le long du coteau de la montagne.

Il est même d'usage de faire sur cette ligne des trous de distance en distance, que les Allemands appellent *schurf*, pour reconnoître la tête du filon. Si la surface du coteau $PbNe$ étoit une plaine, la tête de ce filon se trouveroit sur la ligne bN , qui est sa vraie direction ; mais la pente du coteau, jointe à l'inclinaison, le rejettent sur la ligne be .



PROBLEME XIX.

Connoissant l'inclinaison à la direction de deux filons collatéraux, dont l'un couche, ou est plus incliné que l'autre, déterminer la profondeur, du lieu de leur croisée, dans l'intérieur de la montagne.

SOLUTION.

Soit AB, CD (fig. 45) les deux filons proposés; supposons leur distance en AC de 15 toises & $\frac{1}{2}$, & en BD de 10 toises 3 pieds $\frac{1}{2}$; supposons encore que le point A est plus haut de 4 toises que le point C, & que le point B est plus haut que le point D de 3 toises plus ou moins: cela supposé, du point D tirez la ligne horisontale DI, & abaissez la perpendiculaire BI; faites la résolution du triangle DIB rectangle en I, & dont les deux côtés BD de 10 toises 3 $\frac{1}{2}$ pieds, & BI de 3 toises, sont connus, & vous aurez pour la base DI 10 toises.

Cela fait, du point D abaissez la perpendiculaire DE, & supposons que le filon CD couche de D en G, & qu'en le sondant, vous avez trouvé qu'il fait un an-

gle de 30 degrés avec la perpendiculaire DE, par conséquent son angle sur la base DI, qui est le complément du premier, fera de 60 deg. Supposons. en même temps que vous avez trouvé que le filon AB couche dans le même sens que le premier, & qu'il fait un angle de 9 degrés avec la perpendiculaire BI, & par conséquent son angle sur la base horizontale DI fera de 99 degrés, savoir, 90 degrés que la perpendiculaire BI fait sur cette base, & 9 que la ligne d'inclinaison fait au-delà de la même perpendiculaire en S. Des points D & B tirez les lignes BG, DG pour avoir le triangle DGS, dans lequel vous avez la base DI 10 toises, l'angle D de 60 degrés, & l'angle S de 99, ce qui vous donne l'angle G de 21 degrés. Faites la résolution de ce triangle, & vous aurez pour le côté DG 27 toises 3 pieds, & pour le côté IG 24 toises. 1 pied, auquel il faut ajouter 3 toises IB, ce qui fera pour le côté B G 27 toises 1 pied; & par là vous saurez d'abord à quelle profondeur ces filons se croisent en BD.

Si les filons étoient parallèles, ils se croiseroient à la même profondeur sur toute leur longueur; mais cela devient

différent, lorsqu'ils n'ont pas la même direction, comme dans la position de ce problème, il faut par conséquent chercher à quelle profondeur ils se croisent en AC.

Comme le point A est supposé de 4 toises plus haut que le point C, il faut abaisser la perpendiculaire AP, & tirer l'horizontale CP, ce qui vous donnera le triangle CPA rectangle en P, dont l'hypoténuse AC est de 15 toises 3 pieds, & le côté PA de 4 toises. Faites la résolution de ce triangle, qui vous donnera la base horizontale CP de 15 toises.

Comme les inclinaisons des filons peuvent être regardées comme constantes, les angles que les lignes AH, CH forment sur cette base, seront les mêmes que BG & DG, & conséquemment dans le triangle PCH, l'angle P sera de 99 degrés, l'angle C de 60 degrés, ce qui donne l'angle H de 21 degrés. La base CP étant de 15 toises, il n'y a plus qu'à résoudre ce triangle, pour savoir à quelle profondeur se trouve la croisée en H, que vous trouverez pour le côté CH de 44 toises 2 pieds, & pour le côté PH de 35 toises 2 pieds, auquel il faut joindre 4 toises PA, ce qui vous donnera 39 toises 2

pieds, d'où l'on voit que la croisée est bien plus profonde en A qu'en B, parce que les filons sont bien plus éloignés en A qu'en B.

Si vous imaginez une ligne tirée dans l'intérieur de la montagne de H en G, ce sera la ligne sur laquelle les filons se croisent sur la longueur AB ou CD. C. Q. F. F.

SCHOLIE GÉNÉRALE,

O U

Maniere de résoudre tous les Problèmes précédens, sans calculer les triangles.

POUR résoudre les différens Problèmes proposés dans ce Chapitre, nous n'avons guère employé que les calculs trigonométriques, parce que cette méthode nous a paru la plus sûre; mais, pour l'ordinaire, les Géometres Mineurs n'y font pas tant de façon, & font toutes ces opérations le mieux qu'ils peuvent, par une voie mécanique: voici leur méthode. Après avoir pris les angles & les mesures accessibles, ils trans-

portent tout cela sur le papier, au moyen du rapporteur & de l'échelle de réduction, & prennent ensuite les résultats avec le compas sur leur échelle, ce qui donne tout d'un coup la solution du problème.

Est-il question, par exemple, de prendre la longueur d'un côté d'une montagne AB (*fig. 25, pl. IV.*) ainsi que sa hauteur BC, ils prennent le long de ce côteau, avec le demi-cercle, autant d'angles verticaux ADF que la longueur d'une chaîne ou d'un cordeau, dont la mesure est connue, peut leur en fournir; par cette méthode, on a la mesure des hypoténuses d'autant de triangles rectangles ADE, DFG, &c. qu'on a fait de stations. Cela fait, ils transportent tous ces angles & ces mesures sur le papier: voici comment. On tire d'abord une ligne AI sur la feuille de papier qui représente la ligne horizontale ou la base de la montagne; sur une extrémité A de cette ligne, on prend le premier angle AD avec le rapporteur, on tire la ligne AD, & l'on prend avec le compas sur l'échelle, le nombre de toises que cette opération a données, & on les porte sur cette ligne AD; ensuite avec

le crayon on tire la ligne DK parallèle à AC, & sur cette ligne on prend, avec le rapporteur, l'angle DF; on tire la ligne DF, & en prenant sur l'échelle, avec le compas, le nombre de toises qu'on a trouvées à la seconde opération, on les transporte sur cette ligne DF : on fait la même opération sur toutes les autres stations, & par là on a sur le papier, les mêmes angles & les mêmes distances qu'on a mesurés sur le terrain.

Parvenu en B, à l'extrémité de la dernière station, on tire la perpendiculaire BC sur la base AI, ensuite on tire la ligne AB; après quoi on prend, avec l'ouverture du compas, par exemple, la longueur de la ligne AB, & l'on porte cette ouverture sur l'échelle, qui vous donne le nombre de toises que cette ligne contient, & ainsi des autres lignes AC, BC.

On fait les mêmes opérations de l'autre côté BI de la montagne, & l'on a, de cette manière, la base d'une montagne, la longueur de ses côteaux, ainsi que sa hauteur perpendiculaire.

Il est aisé de voir que par cette méthode, on peut facilement résoudre tous les problèmes que nous avons proposés dans

dans ce Traité , en suivant néanmoins l'ordre des opérations que nous avons prescrites.

Lorsque ces opérations ne sont pas étendues , & que le terrain est assez praticable pour pouvoir planter des piquets de distance en distance sur la ligne de direction , on peut très-bien employer cette méthode ; mais il n'est pas possible d'en faire usage dans des roches escarpées , & dans des ravins & des abîmes qui ne sont pas accessibles. Il faut alors , de nécessité , avoir recours au calcul des triangles , & nous le conseillons toujours de préférence à toute autre méthode.

Telles sont les principales opérations qui sont du ressort de la Géométrie Souterraine. On sent parfaitement , au surplus , que les circonstances du local peuvent les varier à l'infini ; mais nous pouvons assurer , en même tems , qu'il ne s'en trouvera pas qui n'ayent un rapport immédiat avec quelque'un des Problèmes que nous avons proposés , & qu'on ne puisse exécuter par la même méthode ; car il n'y a point de mesure en ligne droite , qu'on ne puisse connoître par la résolution d'un ou de plusieurs triangles , soit qu'on connoisse les parties re-

218 LA GÉOMÉTRIE SOUTER.

quises de ces triangles, soit qu'on s'en procure la connoissance par des lignes connues; nous n'avons rien négligé pour nous rendre aussi intelligible qu'il a été en nous. Cet Ouvrage n'étant point un traité d'éloquence, mais un traité d'instruction, nous n'avons pas craint de tomber dans de fréquentes répétitions, toujours placées à propos, lorsqu'il s'agit d'instruire & de se rendre utile au Public. Tel a du moins été notre but.

F I N.

EXTRAIT DES REGISTRES

De la Société Royale des Sciences.

Du 9 Mai 1776.

NOUS, Commissaires nommés par la Société Royale, avons examiné un Ouvrage de Mr. DE GENSSANE, qui a pour titre : *la Géométrie Souterraine, ou Traité de Géométrie-Pratique, appliqué à l'usage des Travaux des Mines.*

La science des Mines emprunte souvent le secours de la Géométrie. Rien n'étoit donc plus nécessaire aux Mineurs, qu'un Traité de Géométrie-Pratique, qui pût les diriger suffisamment dans leurs travaux souterrains. Mr. JARS avoit promis un pareil Traité ; mais la mort l'ayant prévenu, Mr. DE GENSSANE, à la sollicitation de plusieurs personnes, s'est occupé du même objet. Nous allons rendre compte du fruit de son travail.

Il expose, dans un Discours Préliminaire, le plan de son Ouvrage, & les motifs qui l'ont fait entreprendre. Ce même Discours présente quelques notions générales qu'il étoit important de donner.

L'Ouvrage est divisé en trois Parties.

La première traite des différentes situations ou alignemens qu'affectent les filons ou vaines minérales dans les roches & les terres où on les trouve.

La seconde contient la description & fait connoître les usages des Instrumens de Mathématiques, propres aux travaux des Mines. Outre l'Etui de Mathématiques ordinaire, il faut à un Mineur un demi-Cercle, une Boussole, un Réciangle ou Graphomètre. L'Auteur donne dans le plus grand détail la maniere de s'en servir; il montre même à quels défauts ces instrumens peuvent être sujets, & il propose en même tems les moyens de les rectifier.

Dans la troisieme partie, qui fait proprement le corps de l'Ouvrage, Mr. DE GENSSANE donne la Solution de tous les Problèmes qui ont rapport à la Géométrie Souterraine.

Après les premieres notions de la Géométrie élémentaire sur les lignes droites, le Cercle, les Triangles, il enseigne à tracer sur le papier par les règles de pratiques ordinaires, des parallèles, des perpendiculaires, des lignes formant entr'elles un angle quelconque donné.

Delà il passe à la Trigonométrie rectiligne; il donne la résolution des triangles rectangles & obliquangles par les analogies connues & avec le secours des tables des sinus & des logarithmes, dont il explique l'usage.

Comme il est rare que dans la Géométrie Souterraine on ait d'autres triangles à résoudre que des triangles rectangles, Mr. DE GENSSANE présente pour ces derniers triangles une seconde méthode, qui consiste à se servir d'une table particuliere qu'il a construite & que l'on trouve dans son Ouvrage. Enfin il parle aussi d'une troisieme méthode, qui est la méthode Graphique, préférée par le commun des Mineurs, & qui

avec un peu d'attention , est suffisamment exacte dans bien des cas.

C'est dans le reste de l'ouvrage qu'on trouvera les opérations propres à la Géométrie Souterraine. On y enseigne d'abord à tracer la ligne Méridienne dans tous les différens cas ; on y donne les moyens de mesurer la longueur d'une galerie , de connoître sa direction générale , de déterminer , sur les côteaux d'une montagne , les points qui répondent perpendiculairement aux contours d'une galerie pratiquée au pied de cette montagne : on y apprend ensuite à niveler un terrain , à mesurer la profondeur verticale d'un puits incliné , à lever le plan des travaux souterrains d'une mine. Delà l'Auteur passe à des Problèmes un peu plus compliqués ; il s'agit de trouver un point d'un côté d'une montagne , d'où l'on puisse percer une galerie , qui en aille rencontrer une autre déjà pratiquée de l'autre côté de la même montagne ; il est question de déterminer la distance de deux ou plusieurs travaux pratiqués dans une même montagne entre lesquels il n'y a aucune communication , soit que ces travaux se trouvent sur le même ou sur différens filons. La construction des puits souterrains , l'évacuation des eaux dans les travaux des mines , ont aussi leurs difficultés particulières ; ainsi que la manière de déterminer les limites de deux états voisins dans l'intérieur d'une montagne , ces deux états ayant déjà leurs limites connues au sommet. Mr. DE GENSSANE apprend à surmonter toutes les difficultés de ces différens problèmes & de plusieurs autres , en employant la Trigonométrie ou la méthode Graphique. La Trigo-

nométrie doit cependant être préférée ; & il conseille de l'employer ; elle est même quelquefois absolument nécessaire.

Cet Ouvrage paroît remplir le desir des Mineurs d'avoir entre leurs mains une Géométrie pratique , uniquement appliquée à leurs usages. Mr. DE GENSSANE a donné des règles de pratique sans démonstrations ; on ne lui demandoit rien de plus , mais ces pratiques sont détaillées avec une exactitude & une clarté qui ne laissent rien à desirer. Nous pensons en conséquence que cet Ouvrage doit être publié avec l'approbation de la Compagnie. Fait à Montpellier , le neuf Mai mil sept cent soixante-seize. Signé LE ROI. DE RATTE.

Je soussigné certifie l'Extrait ci-dessus conforme à son original & au jugement de la Compagnie. A Montpellier , ce treizième de Mai mil sept cent soixante-seize.

DE RATTE , Secrétaire perpétuel
de la Société Royale des Sciences.

PRIVILÈGE DU ROI.

LOUIS, PAR LA GRÂCE DE DIEU, ROI DE FRANCE ET DE NAVARRE : A nos amés & féaux Conseillers , les Gens tenant nos Cours de Parlement , Maîtres des Requêtes de notre Hôtel , Grand-Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils , & autres nos Justiciers qu'il appartiendra , SALUT. Notre bien amée la Société Royale des Sciences de Montpellier , Nous a fait exposer qu'elle auroit besoin de nos Lettres de Privilège , pour la réimpression de ses Ouvrages. A C E S

CAUSES, voulant favorablement traiter notredite Société, Nous lui avons permis & permettons par ces Présentes, de faire réimprimer par tel Imprimeur qu'elle voudra choisir, tous les Ouvrages qu'elle voudra faire imprimer en son nom, en tels volumes, forme, marge, caractères, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon lui semblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de vingt années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes, sans toutefois qu'à l'occasion des Ouvrages ci-dessus spécifiés, il puisse en être réimprimés d'autres qui ne soient pas de notredite Société. *Faisons défenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres personnes de quelque qualité & conditions qu'elles soient, d'en introduire de réimpression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance; comme aussi de réimprimer ou faire réimprimer, vendre, faire vendre, débiter, ni contrefaire lesdits Ouvrages, ni d'en faire aucuns extraits, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit de ladite Société ou de ceux qui auront droit d'elle, à peine de confiscation des exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans; dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers à ladite Société ou à ceux qui auront droit d'elle, à peine de tous dépens, dommages & intérêts, à la charge que ces présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que la réimpression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier, beaux caractères, conformément aux Réglémens de la Librairie; qu'avant de les exposer en vente, les Manuscrits & Imprimés qui auront servi de copie à la réimpression desdits Ouvrages, seront remis es mains de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur DE LAMOIGNON, & qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires de chacun dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notredit très-cher & féal Chevalier Chancelier de France, le Sieur DE LAMOIGNON, le tout à peine de nullité des Présentes;*

du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ladite Société, ou ses ayant cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenue pour dûment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers-Secrétaires, soit ajoutée comme à l'Original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelle tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Chartre Normande & Lettres à ce contraires. CAR TEL EST NOTRE PLAISIR. DONNÉ à Versailles le vingt-neuvième jour du mois d'Août, l'an de grace mil sept cents soixante, & de notre règne le quarante-cinquième. Par le Roi en son Conseil.

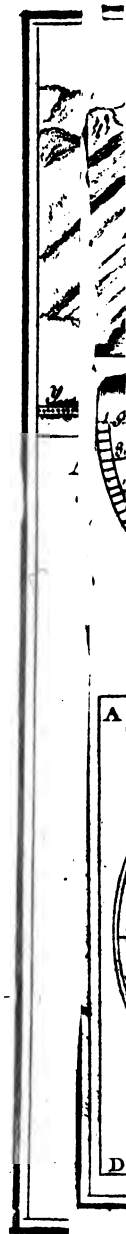
LE BEGUE, *Signé.*

*Registré sur le Registre XV. de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N^o. 112. fol. 113. conformément au Règlement de 1723. qui fait défenses, Art. 41, à toutes personnes de quel-
ques qualités & conditions qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, faire afficher aucuns Livres, pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à la susdite Chambre neuf Exemplaires prescrits par l'Art. 108. du même Règlement. A Paris, ce 15 Octobre 1760.*

VINCENS, *Adjoint. Signé.*

Collationné par Nous, Écuyer, Conseiller-Secrétaire du Roi, Maison, Couronne de France, Contrôleur en la Chancellerie de Montpellier.

MARTIN.



5 rue

T A B L E

D E S M A T I E R E S

Contenues dans la Géométrie Souterraine.

I N T R O D U C T I O N à la Géométrie Souterraine ,	Page 5
Des Filons, ou Veines Minérales ,	19
De la construction & usage des Instrumens propres à la Géométrie Souterraine ,	36
De l'Etui de Mathématiques ,	37
Du Demi-Cercle ,	38
De la Bouffole ,	44
Du Récipiangle , ou Graphomètre ,	53
Des Principes de Géométrie , nécessaires à l'intelligence de la Géométrie Souterraine ,	65

Table des Problèmes relatifs à la Géométrie Souterraine.

Tirer une ligne parallèle à une ligne donnée ,	70
Elever une ligne perpendiculaire à une ligne donnée ,	71
D'un point donné abaisser une perpendiculaire sur une ligne donnée ,	72
D'un point donné sur une ligne , élever une autre ligne , qui fasse , avec la première , un angle donné ,	73
Règles principales concernant la résolution des Triangles ,	75
Connoissant les deux côtés d'un triangle rectangle , trouver l'Hypoténuse ,	88

Dans tout triangle rectangle, l'hypoténuse & les angles étant connus, trouver la valeur des deux autres côtés, Page 89

L'hypoténuse & un côté d'un triangle rectangle étant connus, trouver les angles aigus, 90

Connoissant les angles & un côté d'un triangle oblique, connoître les deux autres côtés, 91

Connoissant deux côtés & un angle d'un triangle oblique, connoître les deux autres angles, 92

Deux côtés d'un triangle oblique étant connus ainsi que l'angle qu'ils renferment, trouver la valeur des deux autres angles, 95

Les trois côtés d'un triangle oblique étant donnés, trouver les trois angles, 98

Seconde méthode pour la résolution des triangles rectangles, par la Table des parties centésimales & usage de cette table, 109

Table des Parties centésimales, 118

Méthode Graphique pour la résolution des triangles, 125

Table des Problèmes de la Géométrie Souterraine.

Tracer une méridienne sur un point quelconque donné dans la campagne, 130

Prolonger une ligne donnée sur un terrain quelconque, 131

Sur un point quelconque d'une méridienne, tirer une ligne, qui fasse, avec cette méridienne, un angle donné, ou qui ait une direction donnée, 133

Sur un point quelconque, tirer une ligne parallèle à une ligne donnée, 134

Tracer une méridienne sur un terrain qui n'est point éclairé par le soleil, 135

Connoître la déclinaison de l'aiguille aimantée,

dans un endroit quelconque,	Page 136
Tracer une méridienne par le moyen de la Boussole,	138
Mesurer une galerie & connoître sa direction principale,	Ibid.
Trouver, sur le coteau d'une montagne, les points qui correspondent perpendiculairement aux contours, ou à tout autre point donné d'une galerie pratiquée au pied de cette montagne,	148
Niveler un terrain quelconque,	166
Mesurer la profondeur verticale d'un puits incliné,	170
Lever le plan des travaux souterrains d'une Mine,	172
Une galerie ou un point dans les travaux souterrains d'une montagne, étant donné, trouver de l'autre côté de la même montagne, un point où l'on puisse percer une galerie qui aille rencontrer la première, ou le point donné en ligne droite, ainsi que le nombre de toises qu'il y aura à percer,	175
Connoître la distance de deux ou plusieurs travaux pratiqués dans la même montagne, entre lesquels il n'y a aucune communication,	182
Trouver sur le coteau d'une montagne, un point où l'on puisse faire un puits qui corresponde en tout sens à un puits souterrain, pratiqué dans la même montagne, & déterminer de combien de toises de profondeur sera ce puits,	191
Le sommet d'une montagne formant les limites de deux Etats limitrophes, déterminer ces mêmes limites dans l'intérieur de la montagne, & connoître si les travaux pratiqués dans cette montagne anticipent sur le territoire voisin,	200
Un point étant donné dans un vallon, déterminer	

s'il est possible d'y amener une rivière qui en est séparée par une montagne , & le nombre de toises de percement qu'il y auroit à faire ,	205
Les eaux incommodant dans un travail souterrain quelconque , déterminer s'il est possible de les évacuer par un percement , & de combien de toises de longueur sera le percement ,	206
Connoissant la direction & l'inclinaison d'un filon dans un endroit quelconque d'une montagne , déterminer l'endroit , au pied de cette montagne , où ce filon doit passer ,	209
Connoissant l'inclinaison & la direction de deux filons collatéraux , dont l'un couche , ou est plus incliné que l'autre , déterminer la profondeur du lieu de leur croisée , dans l'intérieur de la montagne ,	211
Méthode Graphique , ou manière de résoudre tous les Problèmes précédens , sans calculer les triangles ,	214
Fin de la Table.	

*Le Lecteur. est prié de corriger cet Errata ,
avant de lire cet Ouvrage.*

E R R A T A.

Page 54 , ligne 3. *prétend* , lisez *prend*.

Page 59 , ligne première , *au somme* , lisez *au somm.*

Page 88 , ligne dernière , *comprenoient* , lisez *coi-
prennent*.

Page 108 , ligne pénultième , $3\frac{2}{3}$, lisez $3\frac{1}{3}$.

Page 169 , ligne 25 , *ajoutez en descendant* , & *le contraire en montant*.

A P E Z E N A S ,

De l'Imprimerie de *JOSEPH FUZIER* , Libraire ,
Imprimeur du Roi & de la Ville, 1776.

Supplément à l'Errata de la Géométrie Souterraine.

PAGE 20. mettez au commencement de la ligne 3, le des qui est à la fin.

— lig. pénultième bb dd, lise^z bd bd.

Pag. 21. lig. 10, INK, lise^z INR.

— lig. 18. Ligl, lise^z Liegend.

Pag. 26. lig. 20, toujours, lise^z non plus.

Pag. 29. lig. 23, falhert, lise^z falerts.

Pag. 39. lig. 19, ABC, lise^z ADC.

Pag. 40. ligne dernière, deviennent, lise^z deviennes.

Pag. 52. lig. 4, L, lise^z H.

Pag. 62. lig. 13, fig. 2, lise^z fig. 11.

— lig. 24, fig. 2, lise^z fig. 11.

Pag. 63. lig. 15, centre, lise^z cercle.

Pag. 65. lig. 19, AB, lise^z ABC.

Pag. 66. lig. 18, art, lise^z arc.

Pag. 72. lig. 22, donne, lise^z donc.

Pag. 73. lig. 2, AB, lise^z AD.

Pag. 96. lig. 6, B, lise^z C. idem lig. 11.

Pag. 99. lig. pénultième, CB, lise^z EB.

Pag. 113. lig. 19, 4 pieds, lise^z 3 pieds.

Pag. 118. lig. 5, 0171, lise^z 0131.

Pag. 122. lig. 8. première colonne, 5772, lise^z 5771.

— lig. 22. seconde colonne, 9046, lise^z 9045.

Pag. 127. lig. 4, FD, lise^z FB.

Pag. 159. lig. 16, fig. 35, lise^z fig. 34.

Pag. 161. lig. 11, fig. 35, lise^z fig. 34.

Pag. 163. lig. 18, fig. 35, lise^z fig. 34.

Pag. 165, lig. 19, mr, lise^z en r.

Pag. 172. lig. 7, fig. 52, lise^z fig. AD.

Pag. 173. lig. 17, 1g1f, lise^z 1h, hf.

— lig. 18, 1gf, lise^z, 1hf. lig. 19, fm, lise^z fo.

Pag. 183. lig. 18, Bme, lise^z Bmc.

Pag. 184. lig. 3, de, lise^z dG.

— lig. pénultième, br, lise^z bp.

Nous demandons pardon à nos Lecteurs, de trouver ici un Errata aussi long : mais les devoirs de notre état, ne nous ayant pas permis de voir les épreuves par nous-même, pour en corriger les fautes, l'Impression étoit finie, avant que nous ayons pu les appercevoir ; & comme c'est ici un Traité purement de pratique, il est indispensable qu'on se donne la peine de les corriger, avant d'en faire usage.

